

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA SOLAR PARA LA PURIFICACION
DEL AGUA EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA**

JORGE ALBERTO GÓMEZ ROLDAN

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLIN
2010**

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA SOLAR PARA LA PURIFICACION
DEL AGUA EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA**

JORGE ALBERTO GÓMEZ ROLDAN

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Ingeniero de Diseño de Productos**

**Asesor: I.M. Cesar Alejandro Isaza, Ph.D
Grupo de Energía y Termodinámica
Universidad Pontificia Bolivariana**

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLIN
2010**

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, mayo de 2010

Dedico este trabajo a las personas de escasos recursos que por diferentes motivos no han podido mejorar su calidad de vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad EAFIT por la oportunidad de realizar el pregrado.

A Cesar Alejandro Isaza, asesor de este trabajo, por su compromiso y colaboración.

A mis padres, Alberto Gómez y Piedad Roldan.

A Angélica Maria Nossa, por el apoyo incondicional en el desarrollo y soporte durante el proyecto de grado.

A todos los que directa o indirectamente estuvieron presentes y ausentes, y que contribuyeron para la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	18
1. ANTECEDENTES.....	19
2. JUSTIFICACION	24
3. OBJETIVOS	26
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4. ANALISIS DEL CONSUMIDOR	27
4.1 FASE CUALITATIVA	27
4.1.1 Guía Semiestructurada.....	28
4.1.2 Resumen entrevista de minigrupo.....	29
4.1.3 Conclusiones de la entrevista de campo en grupo.....	37
4.2 FASE CUANTITATIVA	38
4.2.1 Encuestas Estructuradas.....	38
4.2.2 Resultados gráficos obtenidos a partir de la entrevista	43
4.2.3 Conclusiones de los resultados gráficos	48
5. EL ENTORNO	50
5.1 EL SOL	50
5.1.1 Ciclo Solar	51
5.1.2 Distancia tierra-sol.....	53
5.1.3 Radiación Solar	55
5.1.4 Magnitudes Radiativas	56
5.1.5 Medición de la radiación solar	57
5.1.6 Constante Solar.....	57
5.1.7 Atenuación de la radiación solar	57

5.2 VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LA RADIACIÓN SOLAR	62
5.2.1 Distribución Global	62
5.2.2 Distribución en Colombia.....	63
6. ESTADO DEL ARTE	66
6.1 HISTORIA.....	66
6.2 VENTAJAS DE USAR LAS COCINAS SOLARES PARA LA PURIFICACIÓN DEL AGUA	68
6.3 TIPOS DE COCINAS SOLARES.....	69
6.3.1 Cocina solar tipo caja	70
6.3.2 Cocina solar por concentración	72
6.3.3 Cocina solar calentada por colectores de placa plana	76
6.4 LA PARÁBOLA.....	77
6.4.1 Propiedades de la parábola.....	77
7. FACTORES HUMANOS.....	81
7.1 POSICIÓN DE TRABAJO Y LUGARES DE ACCESO	81
7.2 ÁNGULOS Y LÍMITES DEL CUERPO HUMANO ASEQUIBLES PARA LA COCCIÓN Y ÁNGULOS DE CONFORT	82
7.3 POSICIÓN VISUAL PARA EL PUESTO DE TRABAJO	85
7.4 CARACTERÍSTICAS DEL OJO CON REFERENCIA A LA LUZ SOLAR	88
7.5 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS PARA MUJERES COLOMBIANAS	89
7.6 PUNTOS DE ADVERTENCIA	92
7.7 SEÑALES DE ADVERTENCIA.....	92
8. CONCEPTUALIZACION DEL PRODUCTO.....	94
8.1 ANÁLISIS FUNCIONAL.....	94
8.1.1 Definición de la función principal	94
8.1.2 Caja negra.....	95
8.1.3 Estructura funcional.....	96
8.1.4 Lista de funciones	96
8.1.5 Solución de funciones	98

8.1.6 Rutas de solución.....	99
8.1.7 Alternativas de diseño	101
9. EVALUACION ALTERNATIVAS.....	104
9.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	104
9.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN	105
9.3 IMPORTANCIA DE CRITERIOS	106
9.4 MATRIZ DE CALIFICACIÓN	107
9.5 RESULTADOS EVALUACIÓN	107
10. ALTERNATIVA DEFINIDA.....	110
10.1 REFERENTE FORMAL Y LENGUAJE DEL PRODUCTO	110
10.2 DISEÑO GRÁFICO.....	111
10.3 APLICACIÓN AL PRODUCTO	112
11. DISEÑO DE DETALLE.....	113
11.1 CONSIDERACIONES.....	113
11.2 JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO	115
11.4 COMPONENTES.....	117
11.4 DETALLES DE ENSAMBLE	118
12. MODELO FUNCIONAL	122
13. EVALUACION DEL MODELO FUNCIONAL	123
13.1 CORPORIFICACIÓN	123
13.1.1 Restricciones del Producto.....	123
13.1.2 Pruebas Funcionales.....	123
13.1 LOGROS	125
13.2 DESVENTAJAS.....	126
14. MODIFICACIONES	127
15. CONCLUSIONES	128
BIBLIOGRAFÍA	129

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Albedo de algunas superficies comunes.....	61
Tabla 2. Antropométrica de trabajadoras de la fábrica Sant Feliu de Llobregat, medidas en centímetros.....	91
Tabla 3. Importancia de criterios.....	106
Tabla 4. Matriz de calificación.....	107
Tabla 5. Resultados de diferentes pruebas analizadas	125

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de la radiación solar que llega a la superficie terrestre, expresada en kcal/(cm ² /año).....	25
Figura 2. Hijos y primos de una familia en punta bolívar.	29
Figura 3. Pozo al lado de la casa.....	30
Figura 4. Pozo.....	30
Figura 5. Casas de la zona rural de punta bolívar, fácil acceso al aire libre	35
Figura 6. Campos magnéticos del sol.....	50
Figura 7. Fotosfera del sol	52
Figura 8. Movimiento de la tierra alrededor del sol	54
Figura 9. Albedo planetario medio mensual obtenido a partir del Experimento del Balance de Radiación de la Tierra (ERBE), elaborado por la NASA.	60
Figura 10. Distribución global de la radiación	62
Figura 11. Distribución espacial de la Radiación Global en Colombia, promedio multianual	65
Figura 12. Cocina solar tipo caja.....	71
Figura 13. Cocina Solar de Reflector Plano.....	71
Figura 14. Tipos de cocina solar por concentración.....	72
Figura 15. Cocina solar con colectores de placa plana.....	76
Figura 16. Elementos que conforman una Parábola.....	77
Figura 17. Construcción de una parábola	78
Figura 18. Distancia de la parábola al foco (F) es igual a la distancia de la parábola a la directriz.....	78
Figura 19. El lado recto mide 4 veces la distancia focal	79

Figura 20. Zona de alta precisión.....	81
Figura 21. Movimientos con las articulaciones.....	82
Figura 22. Movimientos de ángulos límites máximos adecuados para el cuello	83
Figura 23. Movimientos con ángulos límites para los brazos	83
Figura 24. Posición visual	85
Figura 25. Mapa zonal de visión	86
Figura 26. Alturas recomendadas para posición visual.....	86
Figura 27. Altura del plano de trabajo	87
Figura 28. Espectro electromagnético y ventanas atmosféricas.....	88
Figura 29. Medidas antropométricas más utilizadas para el diseño de puestos de trabajo.....	90
Figura 30. Flujo principal.....	94
Figura 31. Función principal.....	95
Figura 32. Caja negra	95
Figura 33. Estructura funcional	96
Figura 34. Función contener	96
Figura 35. Función ubicar	97
Figura 36. Función posicionar.....	97
Figura 37. Función dirigir	97
Figura 38. Función reflejar	97
Figura 39. Función concentrar	98
Figura 40. Función calentar	98
Figura 41. Matriz morfológica.....	99
Figura 42. Rutas de Solución.....	100
Figura 43. Solución 1	101

Figura 44. Solución 2	102
Figura 45. Solución 3	103
Figura 46. Propuesta que mejor puntuación obtuvo	108
Figura 47. Nueva propuesta	109
Figura 48. Cohetes, parte frontal	110
Figura 49. Diseño del logo	111
Figura 50. Imagen gráfica aplicada.....	112
Figura 51. Medidas absolutas (medidas en mm).	116
Figura 52. Partes del sistema solar.....	117
Figura 53. Panel reflectivo	118
Figura 54. Acople en PVC	119
Figura 55. Unión de paneles con los acoples	120
Figura 56. Pita.....	120
Figura 57. Amarre de paneles.....	121
Figura 58. Soporte Olla.....	121
Figura 59. Modelo Funcional.....	122
Figura 60. Prueba de campo.....	124
Figura 61. Prueba de campo 2.....	124

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Entrevista cuantitativa de La zona rural.
- Anexo B. Magnitudes Radiativas.
- Anexo C. Estatura de los Colombianos
- Anexo D. Especificaciones de diseño - PDS
- Anexo E. Importancia de Criterio y Matriz
- Anexo F. Modelación 3D y planos
- Anexo G. Tabla de pruebas funcionales.
- Anexo H. Cronograma

GLOSARIO

ABSORBER: Transferir la energía de las ondas a un medio cuando lo atraviesan o inciden sobre él.

AFELIO: Posición más alejada del sol en la órbita elíptica de un planeta

AGENTE BIOLÓGICO PATÓGENO: Es toda aquella entidad biológica capaz de producir enfermedad o daño en la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predispuesto.

ALBEDO: Es la relación, expresada en porcentaje, de la radiación que cualquier superficie refleja sobre la radiación que incide sobre la misma. Las superficies claras tienen valores de albedo superior a las oscuras, y las brillantes más que las mates

COMBUSTIBLE: Es cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema, y luego cambiar o transformar su estructura química.

CREPÚSCULO: Es la claridad que empieza a vislumbrarse desde el inicio del amanecer hasta la salida del sol y desde que este se pone hasta que cae la noche

CUERPO NEGRO: Es un objeto teórico o ideal que absorbe toda la luz y toda la energía radiante que incide sobre él.

DESARROLLO SOSTENIBLE: Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades del futuro para atender sus propias necesidades.

DESINFECCIÓN: Es un proceso selectivo que se ha empleado para destruir o inactivar a los organismos patógenos, especialmente las bacterias de origen entérico.

ENERGÍA RADIANTE: Energía existente en un medio físico, causada por ondas electromagnéticas, mediante las cuales se propaga directamente sin desplazamiento de la materia.

FORZAMIENTO RADIATIVO: Es el cambio en el flujo neto de energía radiativa hacia la superficie de la Tierra medido en el borde superior de la troposfera (a unos 12.000 m sobre el nivel del mar) como resultado de cambios internos en la composición de la atmósfera, o cambios en el aporte externo de energía solar. Se expresa en W/m^2 . Un forzamiento radiativo positivo contribuye a calentar la superficie de la Tierra, mientras que uno negativo favorece su enfriamiento.

ONDA: Es una propagación de una perturbación de alguna propiedad de un medio, que se propaga a través del espacio transportando energía

ORBITA: Trayectoria que, en el espacio, recorre un cuerpo alrededor de otro de masa mayor sometido a la acción de la gravedad.

PARÁBOLA: Curva abierta simétrica respecto de un eje, con un solo foco y que resulta de cortar un cono circular recto por un plano paralelo a una de sus generatrices

PDS: Sigla en inglés que define especificaciones de diseño de productos

RADIACIÓN: Emisión de luz, calor o cualquier otro tipo de energía por parte de un cuerpo.

REFLEXIÓN: Es el cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio inicial.

RESUMEN

En Colombia, particularmente en la costa atlántica, es muy común que se presenten altos índices de enfermedades gastrointestinales en las zonas rurales. Uno de los principales factores que aumenta la incidencia de este tipo de enfermedades es el consumo de agua directamente de fuentes como pozos o ríos, que no pasan por procesos de potabilización ni desinfección.

Una de las maneras de mitigar el riesgo de contraer este tipo de enfermedades es hirviendo el agua antes de utilizarla, este proceso aunque sencillo, puede implicar en muchos casos acceso a recursos que estas personas no tienen o la utilización de métodos que impactan negativamente el medio ambiente y amenazan aun más la sostenibilidad ambiental, como son la quema de combustibles y madera.

Se realizó entonces, un proceso de investigación del usuario, contexto, entorno, estado del arte y productos sustitutos para identificar las oportunidades de mejorar el proceso actual con el desarrollo de una nueva herramienta que cumple con condiciones de economía y asequibilidad al utilizar como fuente de energía la luz solar que está al alcance de todos. Un producto sencillo y fácil de usar con potencial para impactar la salud de las personas y por consiguiente su calidad de vida.

INTRODUCCION

El desarrollo del hombre se ha dado en torno a recursos limitados y de difícil acceso para la gran mayoría, esto ha generado que un amplio grupo de la población no pueda satisfacer necesidades básicas, adicionalmente un desarrollo acelerado y desordenado ha afectado la capacidad de muchos de autoabastecerse de un recurso tan esencial como el agua. La explotación de la tierra ha causado que las fuentes primarias de recurso hídrico no siempre sean aptas para el consumo humano y las opciones disponibles para la desinfección están lejos de ser óptimas para todos los habitantes que las requieren dejando en situación vulnerable a un amplio grupo de personas que se vuelven presas fáciles de enfermedades que afectan su calidad de vida.

La observación de los hábitos de consumo de agua en zonas costeras colombianas pone en evidencia que gran parte de las personas que habitan estas zonas están en riesgo de contraer enfermedades derivadas del consumo de agua infectada con bacterias y parásitos, enfermedades que son fácilmente prevenibles con un proceso tan sencillo como hervir el agua. Es por esto que se vuelve interesante desarrollar un producto asequible, que utilizando la luz solar como fuente de energía contribuya a satisfacer una necesidad básica y apoye la creación de conciencia alrededor de fuentes alternativas de energía contribuyendo así a su masificación.

La metodología utilizada para el desarrollo busca cubrir los diferentes aspectos en cuanto a ergonomía, economía, practicidad en un producto que pretende servir para desinfección del agua y que podría incluso ser utilizado para la preparación de algunos alimentos sencillos. El desarrollo de este producto busca sobretodo contribuir a la creación de conciencia que comenzó hace algunos años y que está encaminada a masificar el uso de energías alternativas que producto tras producto de ratifican como un mejor camino en el desarrollo del hombre y en lo que queda por venir.

1. ANTECEDENTES

Durante las últimas décadas los gobiernos locales y organismos unilaterales han unido esfuerzos en la lucha contra la pobreza, tratando de proveer de recursos para atender las necesidades básicas al mayor número de personas con condiciones mínimas de supervivencia. A pesar de estos esfuerzos el 26% de la población mundial se encontraba por debajo de la línea de la pobreza en el año 2005, es decir aproximadamente 1.400 millones de personas vivían con menos de 1,25 dólares diarios ¹ y con necesidades básicas insatisfechas, esto quiere decir que no tienen una vivienda adecuada, acceso a agua potable y servicios de saneamiento, educación básica y salud.

Los esfuerzos encaminados a atacar la pobreza enfrentan desafíos adicionales considerando que cerca del 50% de la población mundial habita en zonas rurales, donde escasean los recursos económicos y donde la infraestructura es insuficiente, dificultando el acceso y aumentando los requerimientos mínimos de inversión para satisfacer las necesidades básicas. Como evidencia de este hecho en el año 2006 el 96% de la población urbana contaba con acceso a agua potable pero tan solo el 78% de la población rural mundial contaba con este mismo servicio.²

Colombia no es ajena a esta situación, según los resultados del censo del 2005 el DANE reportó que el 27% de la población vive con Necesidades Básicas Insatisfechas, el 10.6% viven en hogares con dos o más necesidades básicas y el 10,4% de la población vive en condiciones inadecuadas para el alojamiento humano y mas critico aún el 7,4 % de la población viven con servicios inadecuados esto quiere decir que no tienen acceso a estar en condiciones vitales

¹ Web.worldbank.org Grupo del banco mundial – Actualización datos sobre pobreza, Agosto 2008

² UNITED NATIONS. The Millennium development report, New York, 2008

y sanitarias mínimas, teniendo en cabecera viviendas sin sanitarios y acueducto donde se aprovisionan de aguas de río, nacimientos o de lluvia.³

La consecuencia de esto en la salud es preocupante, según las estadísticas de las Naciones Unidas en el 2004 a nivel mundial, 6 niños morían cada minuto por enfermedades causadas por agua no tratada o inadecuada disposición de las aguas residuales⁴.

El efecto negativo o perjudicial de la calidad del agua en la salud, particularmente de los niños, ha invitado a prestar especial atención al tema de la potabilización del agua. Adicionalmente la escasez de recursos financieros ha incentivado a diferentes actores de la sociedad, a desarrollar nuevas alternativas que garanticen un consumo apto de agua para el hombre con una mínima inversión.

Existen diversas opciones para lograr el mismo fin, el tratamiento con cloro es, por ejemplo, un método químico usado frecuentemente dada su efectividad en la eliminación de patógenos presentes en el agua, sin embargo, requiere almacenamiento y dosificación específicos, criterios que de no ser observados cuidadosamente, pueden no solo volver inefectiva la potabilización sino incluso representar un riesgo para la salud. La filtración es otro método que ha sido utilizado con frecuencia desde siglos atrás, pero este método a pesar de remover sedimentos y algunos organismos presentes en el agua no garantiza la eliminación de virus y bacterias. Existen métodos más modernos como el tratamiento con ozono que aunque eficaz, implica inversiones en equipos que elevan el costo volviéndolo inaccesible para quienes más lo necesitan. Algunas investigaciones más recientes presentan el tratamiento con luz ultravioleta como una alternativa interesante, sin embargo requiere el uso de energía eléctrica para

³ DANE. Censo General 2005, Boletín Necesidades Básicas Insatisfechas

⁴ UNITED NATIONS. Financing wastewater collection and treatment in relation to the Millennium Development Goals and World Summit on Sustainable Development targets on water and sanitation, Enero 2004

su funcionamiento y esto presenta desafíos de acceso y costos especialmente en zonas rurales.⁵

Existe una alternativa que ha sido utilizada desde comienzos de la civilización debido a su fácil acceso, consiste simplemente en llevar el agua a temperatura de ebullición y es mucho más conocido como hervir el agua. A pesar de su amplia utilización para desinfectar, hervir el agua demanda grandes cantidades de combustible que puede tener su origen en consumo de madera, consumo de derivados del petróleo, energía eléctrica o cualquier otra fuente de energía disponible. La fuente de energía que se utilice puede no solo aumentar el costo de la potabilización si no también tener efectos colaterales en el medio ambiente, de tal manera que aunque soluciona un problema en el corto plazo afectan la estabilidad y sostenibilidad ambiental en el largo plazo.⁶

Los niveles de CO₂ presentes actualmente en la atmosfera y las altas tasas de generación de gases de efecto invernadero que parecen salidas de control, han obligado al hombre a tomar acciones inmediatas para poder conservar su medio ambiente. El 16 de febrero de 2005 entró en vigor el Protocolo de Kioto, en el que todos los países firmantes se comprometieron a lograr para el año 2012, una reducción de al menos 5,2% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Desde entonces, todos los países buscan alternativas que les puedan ayudar a cumplir los compromisos de reducción adquiridos a nivel internacional y en este afán cualquier iniciativa por pequeña que parezca resulta valiosa.⁷

El consumo indiscriminado por parte del hombre de combustibles fósiles y de madera tiene efectos complementariamente devastadores para el ambiente. En las zonas rurales de los países en desarrollo es muy común la generación de CO₂

⁵ SARMIENTO SERA, Antonio. Potabilización del Agua. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia24/HTML/articulo04.htm>

⁶ Ibid.

⁷ MICHAELOWA, A.; SCHMIDT, H. y DUTSCHKE, M.. Wie funktioniert gemeinsamer Klimaschutz (Joint Implementation/Activities Implemented Jointly/Clean Development Mechanism)? Disponible en: <http://care.easynet.fr/~michaelo/ji-deu.htm>. [15]

a partir de la combustión de leña, mas de 200 millones de personas a un tasa aproximada de 1/2 metro cubico por persona (225 kg. de leña) utilizan este recurso como fuente de energía. De esto se deriva no solo la generación de gases sino también la tala de bosques tropicales, que puede producir entre otras, deforestación, desertización, enfermedades, alteraciones del clima y escasez de recursos para generaciones actuales y futuras. El consumo de mil millones de metros cúbicos de leña de forma insostenible, produce una emisión de 825 millones de toneladas anuales de CO₂, lo cual equivale al 41% de las emisiones de la Unión Europea. El uso intensivo de combustibles fósiles sumado a la tala de árboles que influye en la cantidad de CO₂ retenido en materia orgánica, aumenta la presión por encontrar fuentes alternativas de energía.⁸

La búsqueda de fuentes alternativas de energía ha llevado a los científicos y desarrolladores a echar un vistazo alrededor y enfocar nuevamente su atención en una fuente tradicional y uno de los principales generadores de energía del universo, el sol.

Inicialmente cuando se empezó a utilizar la energía solar en el siglo III a.C., estaba enfocada de forma militar para generar incendios con espejos dirigidos en territorios enemigos, pero el bajo nivel térmico de que disponía el hombre le impidió usarla de forma efectiva durante un largo período de tiempo. Posteriormente en el siglo XVIII viajes a nuevos territorios crearon un deseo por tener frutas tropicales en zonas al norte de Europa, dando inicio a la horticultura de donde nacen los invernaderos que se aplican para el cultivo de flores y alimentos a través de la generación de microambientes. Esta práctica es considerada como el primer intento de uso de energía solar.

Ya en el siglo XIX la conversión de la energía solar en otras formas de energía giró alrededor de la generación de vapor para alimentar máquinas de vapor, aunque también adquirió cierto interés la destilación de agua para su

⁸ MICHAELOWA *et al.* Op. Cit.

potabilización, teniendo gran auge hasta la década de los 50 del siglo XX especialmente en Estados Unidos, con aplicaciones de dispositivos eléctricos que utilizaban células solares, decreciendo bruscamente durante las 2 siguientes décadas y reactivándose en los 70 a nivel mundial para trabajar en gran escala en torno a las aplicaciones domésticas⁹

La constante búsqueda de una solución para que el agua sea apta en el consumo humano y permita combatir efectivamente los índices de necesidades básicas insatisfechas, de mejorar la calidad de vida de miles de personas de manera costo efectiva y sostenible desde el punto de vista ambiental, ha llevado a explorar otras alternativas planteando la combinación de métodos ancestrales en el desarrollo de un producto moderno. Combinando los avances en generación de energía solar con el principio de desinfección por ebullición se obtiene una solución efectiva para eliminar virus y bacterias en el agua y a la vez económica al utilizar un recurso de libre alcance. Un producto de esta naturaleza impacta positivamente la calidad de vida de las personas y los índices de cubrimiento de necesidades básicas en lo que se refiere a desinfección logrando un impacto directo en la salud, siempre y cuando en su desarrollo se logre involucrar materiales y diseño que no solo sean de bajo costo sino también de fácil ensamble y transporte para superar así uno de los principales desafíos planteados inicialmente el del acceso a las soluciones.

⁹ Historia de las aplicaciones de la Energía Solar. Disponible en: <http://www.grupoblascabrera.org>,

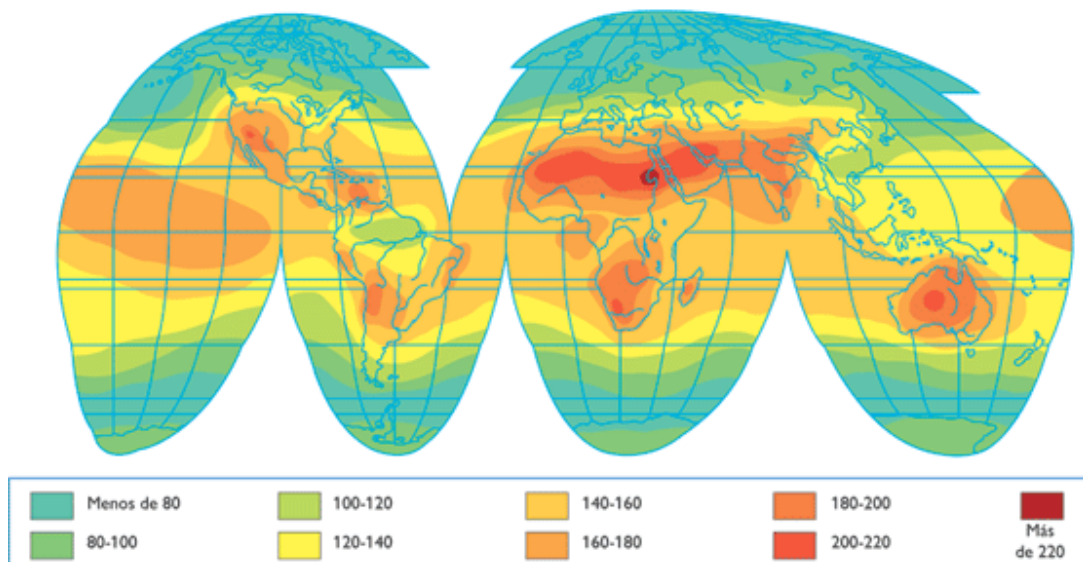
2. JUSTIFICACION

La purificación del agua es un factor crítico en la lucha contra la extrema pobreza, las iniciativas encaminadas a masificar el acceso a opciones de potabilización atraen el interés de diferentes organismos y gobiernos que tienen este tema en sus agendas de desarrollo. El impacto en la salud de la población es significativo, ya que el consumo de agua purificada ayuda a prevenir enfermedades de tipo gastrointestinal, viral e infeccioso, estas enfermedades pueden agravarse y llegar a ser mortales si se presentan acompañadas de condiciones de difícil acceso a cuidados de profesionales en salud, como es el caso de zonas rurales en países en desarrollo.

Las alternativas actuales de potabilización están lejos de ser ideales para este grupo de la población debido a factores económicos (alto costo), ambientales (generación de CO₂ y deforestación) y culturales (educación en el manejo de químicos). Se percibe por lo tanto una necesidad clara y vigente de un producto que permita desinfectar el agua de manera económica, ecológica, efectiva y al cual se pueda dar acceso masivamente, es decir que requiera de una mínima inversión inicial, sea auto sostenible, de fácil transporte, ensamble y uso.

Por otro lado al mirar las diferentes fuentes de energía existentes se encuentra en la energía solar una alternativa interesante ya que está al alcance de todos sin ningún costo recurrente y dada la ubicación geográfica de la población que se busca impactar, la luz solar generaría la radiación necesaria para llevar el agua al punto de ebullición. Como se observa en la gráfica las zonas cercanas al Ecuador reciben mayor concentración de radiación que en los polos y además la reciben de manera constante durante el año a diferencia de regiones con estaciones que presentan niveles bajos de radiación en el invierno, lo cual afectaría el funcionamiento de un dispositivo solar.

Figura 1. Distribución de la radiación solar que llega a la superficie terrestre, expresada en $\text{kcal}/(\text{cm}^2/\text{año})$ ¹⁰



El desarrollo de este Proyecto de Grado no solo es importante porque envuelve la realización de un fin académico y es un requisito indispensable para optar al título de Ingeniero de Diseño de Producto, sino que también involucra un fin social. Este proyecto es el marco perfecto para encontrar los materiales y estructura adecuados para crear un producto que impacte la calidad de vida de miles de personas en Colombia y el mundo que viven con necesidades básicas insatisfechas y debajo de la línea de pobreza. Se pretende brindar una solución eficiente y económica que sea atractiva para organismos multilaterales en capacidad de apoyar su fabricación, industrialización y distribución para lograr así la masificación del producto con un impacto real y duradero.

¹⁰ La Radiación solar sobre el Planeta. Disponible en: http://co.kalipedia.com/ecologia/tema/distribucion-radiacion-planeta.html?x=20070418klpcnaecl_80.Kes&ap=4

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un sistema solar para la purificación de agua, mediante la aplicación de metodologías de diseño, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas que viven en zonas rurales de Colombia donde el acceso al recurso energético es deficiente.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Observar las necesidades del consumidor y el entorno del producto por medio de un análisis cuantitativo y cualitativo para obtener un perfil claro y entender en que medio se desempeña el producto.
- Entender los sistemas de energía solar y de purificación de agua existentes, para diferenciar los tipos de funciones y ventajas que tiene cada uno de ellos, adicionalmente estudiar la interacción del producto con el usuario, mediante la observación y el análisis de situaciones reales con productos similares y así entender los parámetros ergonómicos de uso.
- Visualizar las posibles alternativas que se pueden generar a partir de un análisis funcional y la aplicación de un referente formal al producto, teniendo en cuenta sus límites para ofrecer diferenciación y valor agregado en los beneficios funcionales.
- Evaluar las diferentes alternativas de diseño por medio de unos criterios previamente definidos que permitan identificar cuál es la mejor opción para desarrollar un prototipo funcional.
- Construir un prototipo funcional del producto utilizando los materiales y especificaciones ya definidas para que se ajuste a las necesidades y requerimientos técnicos, logrando un desempeño eficiente y adecuado en el entorno.

4. ANALISIS DEL CONSUMIDOR

El objetivo de esta fase es identificar Drivers – Insights funcionales, en relación con los hábitos de consumo de agua y las medidas de prevención de enfermedades gastrointestinales que tienen las personas de escasos recursos que viven en estrato 1 y con NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas) en zonas rurales del departamento de Córdoba en las poblaciones de Punta Bolívar, El Francés y El Porvenir.

Para lograr este objetivo se indagará cuales son los procesos más frecuentes, qué tipo de artículos y medios tienen para la desinfección del agua, al igual que hábitos y utensilios de almacenamiento que poseen. Se busca identificar la presencia de enfermedades relacionadas con la calidad de agua lo cual ratificaría la necesidad de un producto que permita realizar un proceso de desinfección del agua en estos sectores.

4.1 FASE CUALITATIVA

Técnica: Mini grupo con Entrevista.

Mercado: Zonas Rurales de Colombia.

Grupo Objetivo: Personas entre 18-45 años y/o cabezas de grupos familiares que viven con escasos recursos de estrato 1 y con NBI.

Número de Participantes: 3 personas en 1 sesión.

Duración sesión: 30 min.

Instrumento: Guía semiestructurada con tópicos de discusión previstos de acuerdo a los objetivos de la investigación.

4.1.1 Guía Semiestructurada

- Presentación personal de cada persona: nombre, que hace, con cuantas personas vive, cuantos años tienen las personas con las que vive.
- De donde proveen el agua para cocinar?
- Como almacenan el agua? En que material esta hecho? Cada cuanto le hacen mantenimiento?
- Antes de ser ingerida el agua en donde la almacenan?
- Que herramientas usan para cocinar?
- Como lavan los productos en los que comen?
- A alguien de la familia le ha dado diarrea en los dos últimos meses?
- Alguien de la familia se enferma periódicamente del estomago?
- Que hacen cuando tienen dolores de estomago o diarrea?
- Cuando visitan el médico por estos motivo que tipo de medicamentos han sido recetados?
- Ustedes hierven el agua? Que medios usa? Cuanto les cuesta?
- En donde viven tienen algún espacio al aire libre? Lo han usado alguna vez para cocinar?
- Han utilizado alguna vez químicos para purificar el agua?
- Conocen alguna herramienta para purificar el agua?
- Compran agua embotellada?
- Sabe cómo se purifica el agua?
- De su casa al médico cuanto tiempo le toma para desplazarse en una emergencia? Que medios usa para ir hasta el hospital?

4.1.2 Resumen entrevista de minigrupo

Las personas que participaron en la entrevista de mini grupo realizada el 20 de diciembre de 2009 en la zona rural Punta bolívar, del departamento de Sucre fueron:

Adela Lurdes 34años, 4 hijos de 8, 10, 14 y 17 años, tiene una tienda en la playa para los turistas y vive con la mama y 1 hermano, el Papá ya murió

Lorsi Pérez, 40 años, 5 hijos de 16, 13, 11, 9 y 8, es ama de casa, vive con el esposo y los hijos.

Olga Uritica, 30 años, 2 hijos de 9 y 3 años, le ayuda a la mama con oficios varios, vive con la mama y los hijos.

Figura 2. Hijos y primos de una familia en punta bolívar.



A continuación se hace un resumen de los comentarios más relevantes frente a la guía semiestructurada, con una duración aproximada de unos 30 minutos, de una conversación muy informal con las Señoras del sector Punta Bolívar.

- De donde proveen el agua para cocinar?

“Nosotros recogemos el agua de lluvia y un pozo.”

“Nosotros solo tenemos agua del pozo”

“Nosotros recogemos el agua del pozo”

Figura 3. Pozo al lado de la casa



Figura 4. Pozo



- **Como almacenan el agua? En que material esta hecho? Cada cuanto le hacen mantenimiento?**

“Tenemos varios recipientes para recoger el agua lluvia y el agua del pozo siempre tienen disposición, unos son baldes plásticos y otras son metálicas que las usamos para lavar ropa, de vez en cuando lavan los baldes por que se ensuciaron con tierra.

“Nosotros no almacenamos el agua, cuando la necesitamos vamos al pozo y traemos lo necesario, además tenemos una caneca de plástico y siempre cuando queda el ultimo poquito con eso se juaga la caneca”

“Tenemos varios recipientes para almacenar el agua, en la cocina tenemos 2 baldes, en el baño tenemos una caneca plástica y siempre en la mañana llenamos de agua los baldes para el día, normalmente no le hacemos aseo porque solo se usa para el agua, pero cuando le damos otro uso si lo limpiamos”

- **Antes de ser ingerida el agua en donde la almacenan?**

“Siempre la servimos en vasos desde el balde directamente y no hay ningún problema, a veces la guardamos en la nevera y también hacemos hielo, obvio que esta agua es de lluvia, cuando es del pozo la hervimos o si no nos podríamos enfermar”

“Nosotros siempre hervimos el agua antes de tomarla y esta la guardamos en una jarra en la nevera”

“En mi casa casi siempre hervimos el agua pero a veces también nos la tomamos sin hervir y no pasa nada”.

- **Qué herramientas usan para cocinar?**

“Tenemos un fogón que es de gas y cuando se nos acaba, a veces usamos leña y cocinamos afuera de la casa”

“tenemos un fogón de gas y cuando se nos acaba el gas y no pasa el carro del gas, cocinamos con una mecha que trabaja con gasolina”

“Nosotros cocinamos con gas, pero también cocinamos con leña porque la comida queda muy rica”.

- **Cómo lavan los productos en los que comen?**

“Nosotros los lavamos con jabón y agua del pozo”

“Lavamos con jabón”.

- **A alguien de la familia le ha dado diarrea en los dos últimos meses?**

“Yo con ellos he sido muy cuidadosa desde que son niños y siempre trato de que todos se purguen en la misma época y así evito que se me enfermen aunque hace como 4 meses a la niña de 10 añitos se le estuvo hinchando mucho el estomago y con mucho dolor y por eso me toco llevarla al médico y nos dijo que eran amebas”

“Imagínate que a mi hija de 8 años hace una semana le dio diarrea y no paraba, me toco llevarla al hospital y le tuvieron que poner suero porque estaba muy deshidratada y le mandaron un purgante y menos mal ahora está mucho mejor, los otros hijos míos están bien hasta ahora, pero cuando son pequeños les da mucho esto mientras que cogen las defensas”

“A mi Bebe me toca cuidarla mucho con el agua que le doy pero igual le dio 1 vez diarrea desde el año pasado”

- **Alguien de la familia se enferma periódicamente del estomago?**

“Pues normalmente ellos por lo menos una vez al año se están purgando para que no se enfermen del estomago aunque no falta que se enferme alguno así sea yo”

“Yo creo que sí, porque no falta que me digan que les duele el estomago y les da diarrea a alguno esto pasa más o menos 1 ó 2 veces al año”

“A mí personalmente me pasaba mucho y era porque tomaba mucho agua del pozo sin hervir, aunque todavía lo hago pero ya no me enfermo casi, con los niños yo soy más cuidadosa y trato de hervirles casi siempre el agua”.

- **Qué hacen cuando tienen dolores de estomago o diarrea?**

“A veces tomamos una pastilla para el dolor o a veces mi mama nos hace unas bebidas con ramas y esto mejora mucho pero hay veces que si es necesario ir al médico porque son dolores muy fuertes”

“Yo ya me conozco y sé que tengo que hacer cuando esto me pasa, pero con los niños soy muy cuidadosa y trato de llevarlos al médico lo más pronto posible porque a una amiga el hijo casi se le muere por eso mismo y no quiero que me pase a mi también”

“Yo también soy muy cuidadosa con los niños y los llevo al médico”

“Algunas veces les digo a los niños que traten de ir al baño y espero a ver como siguen, si la cosa sigue si trato de llevarlos al hospital.

- **Cuando visitan el médico por estos motivo, qué tipo de medicamentos han sido recetados?**

Normalmente nos recetan metronidazol, tinidazol, dehidrometina.

- **Ustedes hierven el agua? Que medios usa? Cuanto les cuesta?**

“Si, nosotros hervimos el agua pero no siempre, a veces la ingerimos directamente de aguas lluvia, pues la mayoría de veces es con un fogón de gas y la pipeta nos cuesta aproximadamente unos \$28.000 que nos dura casi un mes.”

“Si nosotros hervimos el agua del pozo con gas, que nos cuesta aproximadamente \$28.000 y nos dura 3 o 4 semanas, después cuando se nos acaba usamos un fogón pequeñito que funciona con gasolina aunque el sabor no es igual pero evitamos enfermarnos”.

“Nosotros también hervimos el agua con gas y nos cuesta lo mismo que a ellas, pero compramos una pipeta cada 2 meses y a veces cuando se nos acaba solo cocinamos con leña”.

- **En donde viven tienen algún espacio al aire libre? Lo han usado alguna vez para cocinar?**

“Si tenemos un espacio amplio donde a veces cocinamos con leña”.

“Si, cuando usamos el fogón pequeño de gasolina lo ponemos atrás de la casa donde ponemos a secar la ropa”.

“Si y tenemos unos ladrillos para poder cocinar con leña”

Figura 5. Casas de la zona rural de punta bolívar, fácil acceso al aire libre



- **Han utilizado alguna vez químicos para purificar el agua?**

“No, nunca no conozco ningún químico para purificar el agua”.

“No, Nunca”

- **Conocen alguna herramienta para purificar el agua?**

“Pues hervir el agua es lo mejor, aunque si tuviéramos acueducto no sería necesario poner a hervir el agua”

“Aparte de hervir el agua conozco unos filtros que se demora más de una hora y luego el agua está limpia”

“No, no conozco”

- **Compran agua embotellada?**

“No, no nos alcanzaría la plata para comprar el resto de las cosas”

“No, eso es para los ricos”

“No”.

- **Sabe cómo se purifica el agua?**

Pues hay que hervirla para matar los gusanos

El agua la purifican con solo hervir el agua

No, solo sé que con hervir el agua es suficiente para que sea limpia aunque no todas

- **De su casa al médico, cuánto tiempo le toma para desplazarse en una emergencia? Que medios usa para ir hasta el hospital?**

En promedio a las personas del sector les toma entre 45 min y 1 hora, ya que tienen que conseguir a alguien que tenga moto o carro dependiendo de la situación.

4.1.3 Conclusiones de la entrevista de campo en grupo

El agua que proveen en su mayoría es de un pozo o recogida de agua lluvia y no tiene tanque para almacenarlo durante periodos largos, eso quiere decir que pueden llegar momentos de sequía donde los obliga únicamente abastecerse de aguas de pozos. Únicamente poseen baldes y canecas para la recolección del agua.

El medio más común que tiene esta población para la cocción del agua es gas, aunque en algunos casos se usa leña o mechas que funcionan a través de gasolina.

Usan jabón para lavar los utensilios de la cocina.

En la entrevista de 3 mujeres se identificaron datos reales de que a una persona de su familia le dio problemas de gastroenteritis en un periodo inferior a 1 mes, a otra 4 meses y otra de más de 5 meses aproximadamente con esto se entiende claramente que hay una enfermedad vigente en el entorno y aclaran que a cualquiera de la familia le da este tipo de enfermedades en periodos de un año, tienen conocimiento de algunas pastillas para el dolor y saben que deben purgarse periódicamente visitando al doctor recetándole medicamentos como: metronidazol, tinidazol, dehidrometina entre otros .

Estas personas tienen acceso a medios de cocción como el gas de un costo mensual de \$28.000 pesos por una pipeta de gas y en algunos casos no es

posible comprarla todos los meses obligándolos a consumir leña o gasolina, aclarando que tienen un espacio adecuado para que también cocinen con fuego y este a la vez recibe el sol durante todo el día, ellos tampoco conocen ningún químico que se utilice para la desinfección del agua, únicamente uno de ellos conoce los sistemas de filtros. Se entendió que no tienen la capacidad económica para comprar agua embotellada pero saben que hirviendo el agua la hacen potable y poder evitar enfermedades y cuando están enfermos, ir al médico les toma aproximadamente una hora.

A partir de la sesión de grupo se elaboró el siguiente formato para hacer unas 20 encuestas a personas que viven en condiciones similares a las que hemos entrevistado y así poder realizar un análisis cuantitativo, obteniendo variables que nos definirán para el diseño del producto.

4.2 FASE CUANTITATIVA

4.2.1 Encuestas Estructuradas

Técnica: Encuesta estructurada

Mercado: Zonas Rurales de Colombia

Grupo Objetivo: Personas entre 18 y 45 años y/o personas cabezas de grupos familiares que viven con escasos recursos de estrato 1y con NBI

Número de Participantes: 25 personas con una duración aproximada de 10 a 15 minutos por cada encuesta

Características del instrumento: Encuesta estructurada a partir de los elementos de mayor aparición e importancia en la fase cualitativa.

ENCUESTA ESTRUCTURADA

1 Nombre:

2 Edad:

3 con cuántas personas vive

4 Nivel educativo?

Ninguno

Elemental

Bachiller

Profesional

5 Qué posición tiene en la casa?

Padre

Madre

Hijo(a)

Hermano

Familiar, Cual?

6 Diga Ud. de donde provee el agua para ingerir y cocinar?

Agua de Pozo

Aguas Lluvia

Acueducto

Vertiente natural

Otro

7 Qué tipo de almacenamiento de agua tiene para el uso cotidiano?

Tanque

Caneca Plástica

Balde

Del pozo directamente

8 Qué medios de energía poseen en la casa para la cocción?

Gas
Eléctrico
Lena
Carbón
Otro?

9 Usted toma agua hervida?

Siempre
casi siempre
a veces
casi nunca
Nunca

10 Si Ud. respondió siempre o casi siempre, responda la siguiente pregunta:
El agua que hierve es para?

Beber
Cocinar
beber y cocinar
Otro

11 Hace cuanto tiempo fue la última vez que alguien de la familia tuvo
problemas estomacales o diarrea (gastroenteritis)?

menos de 1 mes
menos de 3 meses
menos de 6 meses
menos de 1 ano
más de 1 año

12 Conoce Ud. algún medicamento para las enfermedades de
gastroenteritis (diarrea)

Si
No

13 Cuando fue la última vez que visitó Ud. o alguien de la familia al médico por problemas estomacales?

menos de 1 mes

menos de 3 meses

menos de 6 meses

menos de 1 año

más de 1 año

14 Ha utilizado alguna vez químicos para desinfectar el agua?

Si

No

15 En algunos casos compra agua embotellada para beber o cocinar?

si

No

16 En la casa donde vive tiene algún espacio para cocinar al aire libre?

Si

No

17 Ha cocinado alguna vez con una cocina solar?

Si

No

18 Conoce como funciona una cocina solar?

Si

No

19 Sabe Ud. que cocinar con leña contamina el ambiente?

Si

No

20 Quien es el responsable de cocinar en la casa?

Papá
Mamá
hijo(a)
Familiar

21 Qué cantidad de agua hierve en el día?

1 litro
2 litros
3 litros
4 litros
5 litros
10 litros
20 litros
Otro

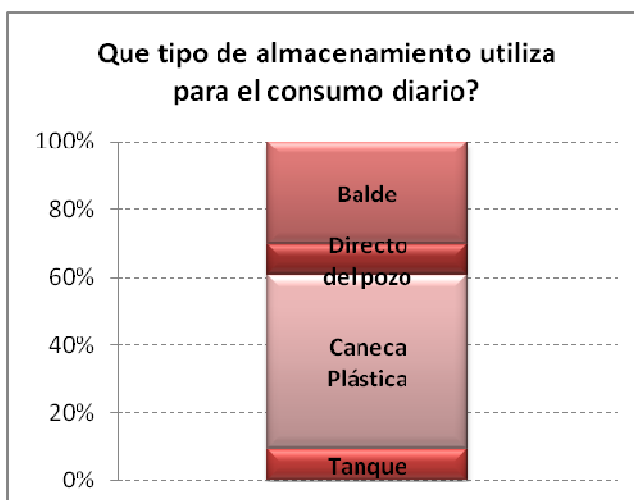
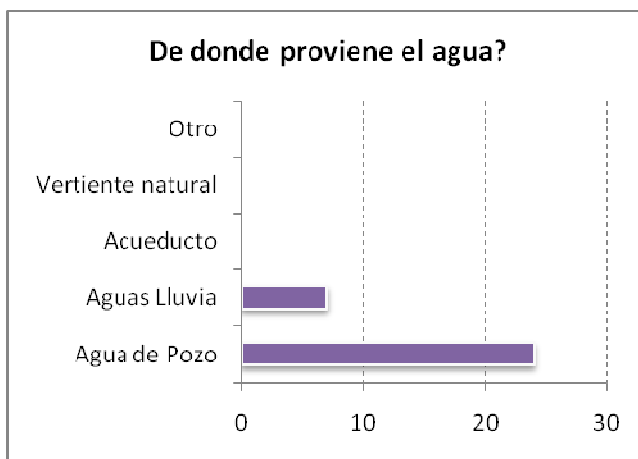
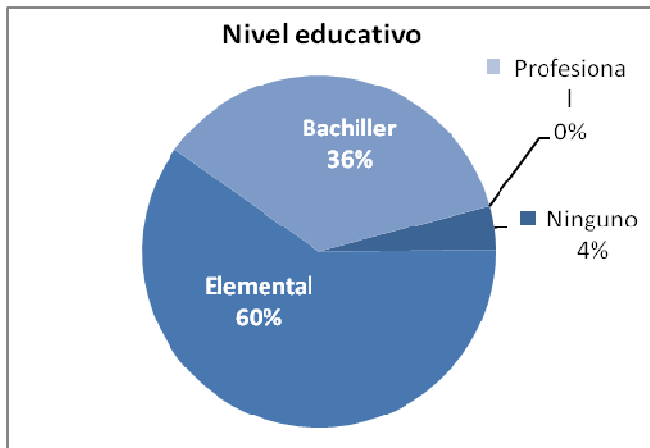
22 Cuanto tiempo le toma hervir el agua?

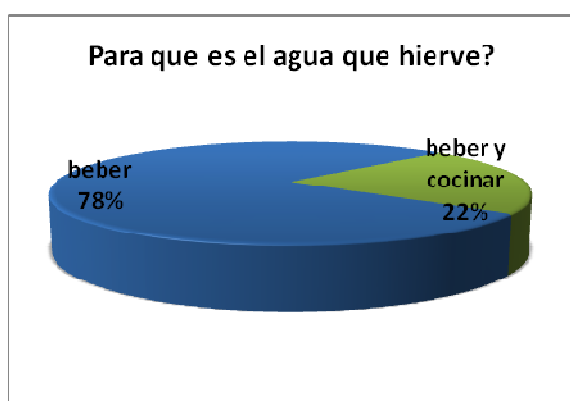
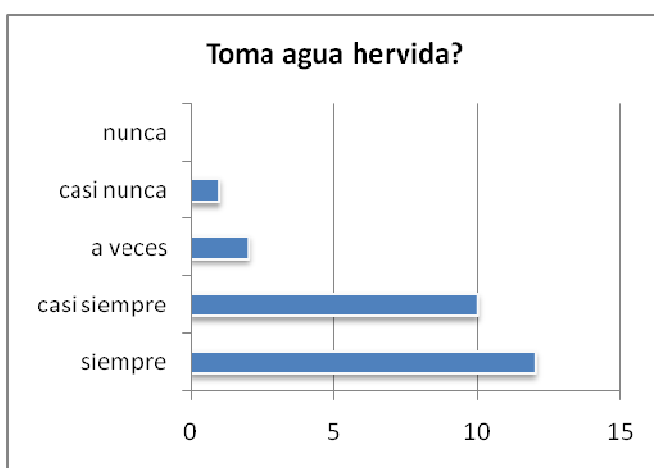
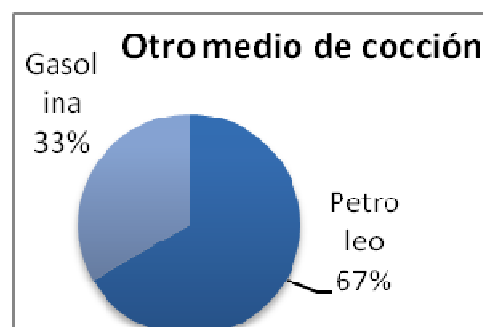
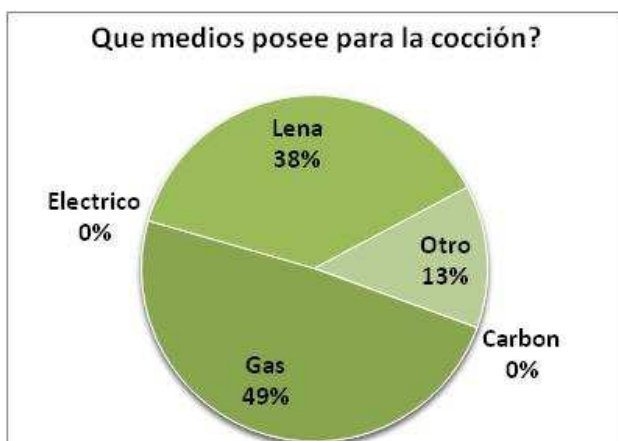
30 minutos
45 minutos
1 hora
una hora y media
Otro

23 Compraría un sistema de desinfección del agua y que lo pueda usar las veces que quiera sin tener que pagar por el servicio?

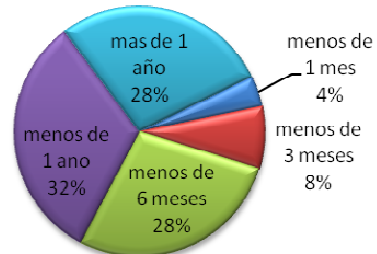
Si
No

4.2.2 Resultados gráficos obtenidos a partir de la entrevista

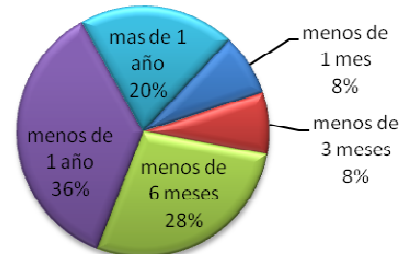




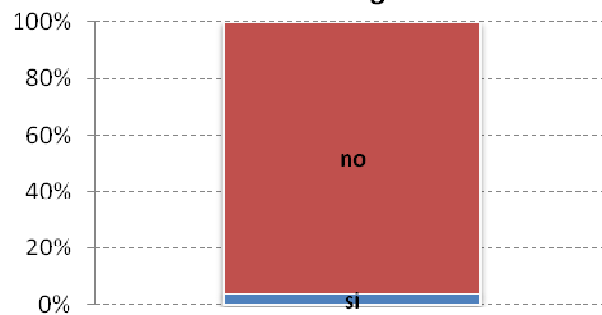
Cuando fue la ultima vez que tuvo diarrea?



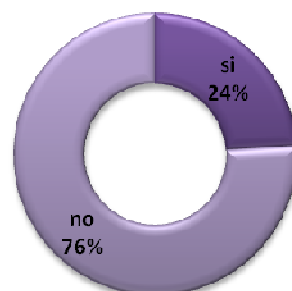
Cuando fue la ultima vez que visito al medico?

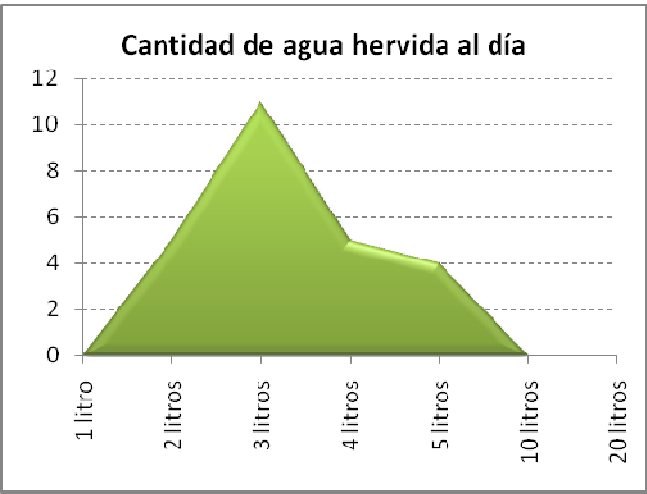
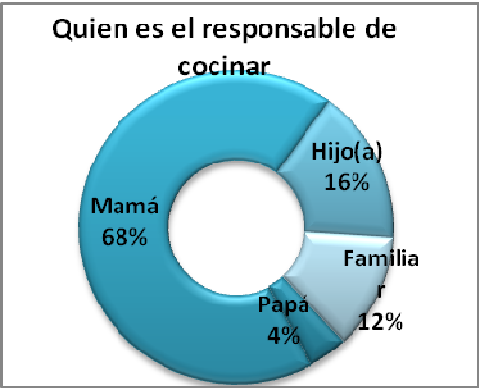


Ha utilizado quimicos para desinfectar el agua?

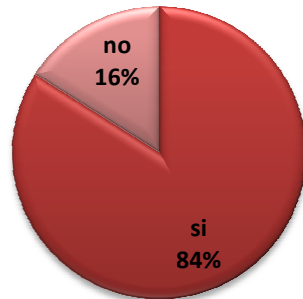


Compra agua embotellada

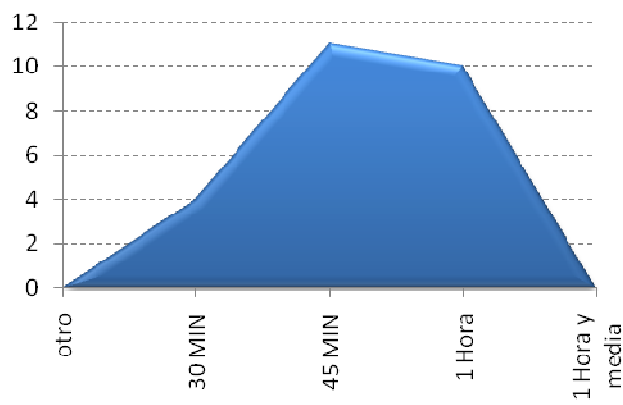




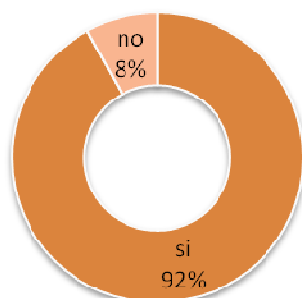
Sabe que la leña contamina?



Cuanto tiempo le toma hervir el agua?



Compraría una cocina solar?



4.2.3 Conclusiones de los resultados gráficos

- Es evidente que la educación que tienen estas personas es elemental con una primaria
- La mayoría de estas familias obtienen el agua de pozos y como segunda opción agua de lluvia, no poseen acueducto y son las únicas alternativas de obtención del agua
- La mayoría almacenan el agua en tanques plásticos y baldes, para la cocción y bebida.
- Casi la mitad de esta población cocina con gas y tiene como segunda opción usar leña, la otra pequeña minoría del 13% tiene como mayor opción cocinar con petróleo o con gasolina
- Es claro que la mayoría de estas familias hierven el agua y que en algunos casos la han ingerido sin hervir
- En gran porcentaje las personas hierven el agua para beber y algunos pocos la hierven para cocinar.
- Más del 70% de esta población ha tenido que ir al médico por problemas de gastroenteritis en un periodo menor a un año.
- Prácticamente la población no conocen métodos diferentes para la purificación del agua, hubo una persona que conocía filtros, pero en general no tienen conocimiento al respecto.
- Esta población no está en condiciones de comprar agua embotellada aunque se han visto obligados para momentos que son necesarios, por ejemplo niños cuando están enfermos y no tienen agua lluvia, en estos casos las madres compran agua embotellada en el periodo de la enfermedad de los hijos o afectados.
- Las Madres son las personas encargadas en cocinar en las casas aunque hay una participación considerable de hijos y familiares.

- En promedio de esta población hierven 3 litros diarios de agua para el uso domestico, especialmente para beber y cocinar y les toma aproximadamente entre 30 minutos a 45 minutos.
- En general casi todas estas familias tienen acceso a cocinar al aire libre esto es un punto clave para el desarrollo del proyecto
- Tienen conocimiento claro de que cuando se cocina con leña saben que están contaminando el medio ambiente.
- Y lo más importante es que estarían dispuestos a comprar una cocina solar ya que esta no genera gastos de mantenimiento o por el servicio.

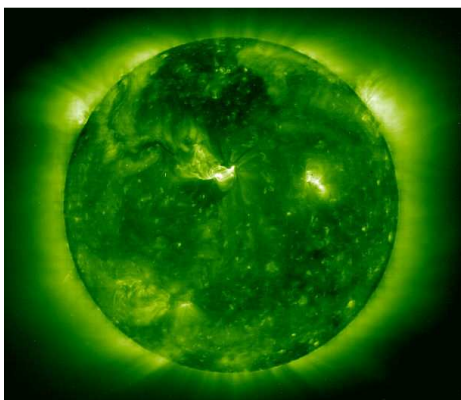
5. EL ENTORNO

En el presente trabajo como tema de estudio de una cocina solar por principio físico de parábola con concentración focal, haremos una revisión bibliográfica sobre la importancia de la fuente de energía solar, como también el uso de cocinas solares como elemento de promoción social contra el desequilibrio ecológico, veremos también algunos ejemplos de aplicaciones actuales alrededor de todo el mundo¹¹.

5.1 EL SOL

El sol es la estrella más próxima a la Tierra y se encuentra a una distancia promedio de 150 millones de kilómetros. Es la principal fuente primaria de luz y calor para la Tierra. Debido a que el Sol es gas y plasma, su rotación cambia con la latitud: un periodo de 24 días en el ecuador y cerca de 36 días en los polos. La diferencia en la velocidad rotacional conjuntamente con el movimiento de los gases altamente ionizados generan sus campos magnéticos (Ver figura 2).

Figura 6. Campos magnéticos del sol



¹¹ www.ideam.go.co/radiacion

El Sol contiene más del 99% de toda la materia del Sistema Solar y se formó hace 4.500 millones de años.

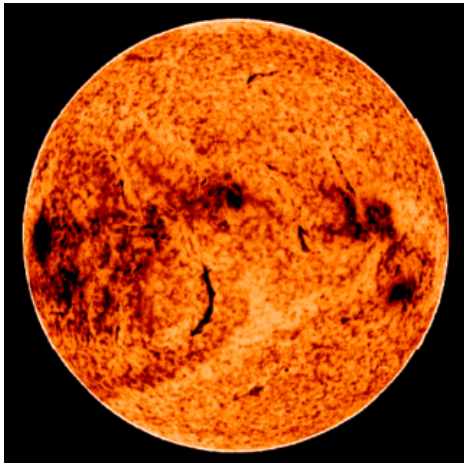
El sol es muy estable, gracias a ello la temperatura en la Tierra es relativamente constante, condición que permanecerá inalterable por mucho tiempo respecto a la escala de la vida humana. Por esta razón se considera que su radiación es una fuente inagotable de energía.

5.1.1 Ciclo Solar

La energía producida por el Sol no se emite uniformemente a través de su superficie sino que sufre variaciones, con épocas de emisión máxima y otras de mínima, con un período aproximado de 11 años. Este período se conoce como el Ciclo Solar.

En la fotosfera (capa exterior del sol), se forman las manchas solares, que son regiones de la superficie solar representadas por zonas oscuras, frías, extremadamente magnetizadas y efímeras (una mancha solar sólo dura unos pocos días o semanas antes de desaparecer. Tan pronto como una de ellas desaparece, otra emerge y toma su lugar). En las manchas solares las líneas de los potentes campos magnéticos del sol emergen de la fotosfera y forman en el exterior extensos bucles magnéticos locales. Estas erupciones se deben a que la parte ecuatorial de la superficie solar gira más rápido que en las otras latitudes. El número de manchas solares en el sol no es constante y cambia en el período de 11 años en promedio, estando la actividad solar directamente relacionada con este ciclo.

Figura 7. Fotosfera del sol



Los extremos del ciclo son el mínimo solar y el máximo solar. El ciclo solar no es exactamente de 11 años. Su longitud, medida desde el mínimo hasta el máximo, varía desde el más corto que puede ser de 9 años, y el más largo de 14. En el máximo, el Sol se encuentra salpicado con manchas, llamaradas, y arroja miles de millones de toneladas de nubes y gas electrificado hacia la Tierra.

El mínimo solar es diferente ya que las manchas solares son pocas y estas llamaradas solares disminuyen. Cuando desaparecen las manchas solares, se produce un rompimiento de las líneas magnéticas que generan el desprendimiento local y explosivo de enormes cantidades de energía que transporta calor y gases de hidrógeno, eléctricamente cargados y luminosos.

Con el número de manchas solares indica la actividad solar y sirve para predecir, con años de anticipación, cuando aparecerán los próximos picos y valles. El último máximo del ciclo solar fue a finales del 2000. De este modo y según el Centro Marshall de Vuelos Espaciales de la NASA, el siguiente mínimo solar apareció a finales del 2006. La actividad solar se intensifica rápidamente después del mínimo solar y de acuerdo a los últimos ciclos, el máximo solar ha seguido al mínimo solar después de 4 años, por lo que el próximo máximo se presentará este año el 2010.

La relación entre el clima y la actividad solar es fuerte y la variabilidad solar es tomada como la principal y única fuente natural de la variabilidad del clima de la Tierra (Charvatova et al, 1995). Se han efectuado relaciones entre el ciclo de once años de las manchas solares con el clima y parece existir una respuesta en el comportamiento de algunos parámetros climáticos, como la cantidad de ozono estratosférico y la temperatura de la Tierra y su atmósfera (Chandra et al., 1994).

5.1.2 Distancia tierra-sol

La Tierra en su movimiento alrededor del sol describe una órbita elíptica, algo desproporcionada, con uno de sus extremos un poco más cerca del Sol que el otro y en la cual la distancia promedio Tierra - Sol es de aproximadamente $149,46 \times 10^6$ Km, valor llamado Unidad Astronómica (U.A.). La excentricidad de la órbita de la Tierra es del 1,7%.

La órbita de la Tierra se puede describir en coordenadas polares mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{UA (1-e^2)}{(1+ e \cos a)}$$

Donde:

R = distancia Tierra-Sol

UA = Unidad Astronómica

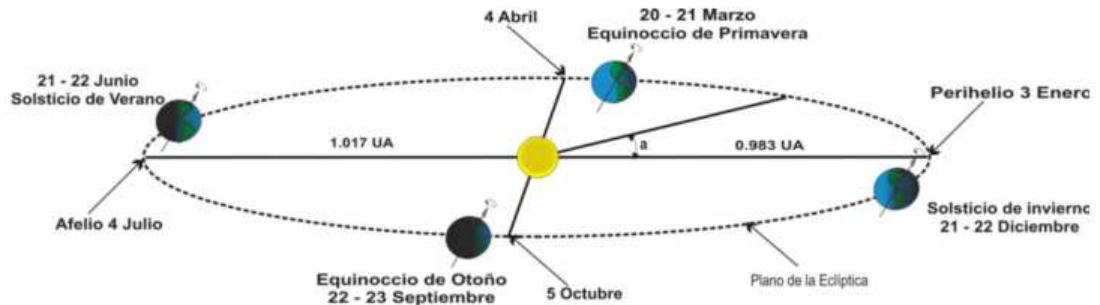
e = excentricidad de la órbita terrestre ($e = 0,01673$)

a = posición angular de la Tierra en la órbita, la cual se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{2\pi (nd - 1)}{365}$$

nd = número del día del año

Figura 8. Movimiento de la tierra alrededor del sol



En la Figura se muestra la posición angular (**a**) de la Tierra en la órbita. Cuando $a = 0^\circ$ la Tierra se encuentra más cerca del Sol (Perihelio), esto ocurre en enero y la distancia Tierra-Sol es de $R = UA (1-e) = 0,983UA = 147,5$ millones de km. En julio, cuando $a = 180^\circ$, la Tierra se encuentra en la posición más alejada del Sol (Afelio), con una distancia Tierra-Sol de $R = UA (1+e) = 1,017UA = 152,6$ millones de km.

Un Sol distante significa menos radiación solar para nuestro planeta. Promediado sobre el globo, la radiación del Sol sobre la Tierra durante el afelio es aproximadamente un 7% menos intensa de lo que es durante el perihelio.

El movimiento de rotación y translación de la Tierra se encuentra que su eje de rotación, con respecto al plano de translación alrededor del sol, tiene una inclinación de aproximadamente $23,45^\circ$. Los patrones climáticos de las estaciones se originan principalmente por la inclinación del eje de rotación. El ángulo formado entre el plano ecuatorial de la Tierra y la línea Tierra-Sol se denomina declinación solar (δ). El signo de la declinación es positivo (+) cuando el sol incide perpendicularmente sobre algún lugar en el hemisferio norte, y negativo (-) cuando incide perpendicularmente sobre algún lugar en el hemisferio sur.

Debido al movimiento de la Tierra alrededor del Sol, el valor de este ángulo varía durante el año. Su valor varía entre $-23,45^\circ$, cuando el Sol se encuentra en la parte más baja del hemisferio sur en el Solsticio de invierno (22 de diciembre) y $+23,45^\circ$ cuando se halla en la parte más alta del hemisferio norte, en el Solsticio de verano (21 de junio), siendo el día más largo del año.

5.1.3 Radiación Solar

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar.

El sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera.

Según las leyes de radiación podemos entender que objetos con temperaturas mayores a 0°K emiten energía radiante, que los objetos de mayor temperatura radian más energía total que los objetos más fríos, para los cuerpos con mayor temperatura tienen las características de emitir un máximo de radiación en longitud de onda, más cortas y los objetos que son buenos absorbedores de radiación son también buenos emisores.

Un absorbedor perfecto se llama “cuerpo negro”, que se define como un objeto ideal que absorbe toda la radiación que llega a su superficie. No se conoce ningún objeto así, aunque una superficie de negro de carbono puede llegar a absorber aproximadamente un 97% de la radiación incidente. El Sol, la Tierra, la nieve, etc, bajo ciertas condiciones se comportan como un cuerpo negro. En teoría, un cuerpo negro sería también un emisor perfecto de radiación, y emitiría a cualquier temperatura la máxima cantidad de energía disponible.

5.1.4 Magnitudes Radiativas

Las magnitudes radiativas se clasifican en dos grupos según su origen: radiación solar y la radiación terrestre. De las cuales nos interesan la **radiación directa** que es la que llega hasta la tierra sin sufrir ninguna difusión ni reflexión alguna y la **radiación visible** es la que puede percibir la sensibilidad del ojo humano (región entre $400\text{ nm} < \lambda < 700\text{ nm}$) e incluye los colores que se generan entre los rangos de colores violeta y rojo. Siendo el violeta el de menor longitud de onda (región del ultravioleta entre los 100 y los 400 nanómetros) y el rojo de mayor longitud (región del infrarrojo entre los 700 y los 3000 nanómetros)

A cada región le corresponde una fracción de la energía total incidente en la parte superior de la atmósfera distribuida así: 7% al ultravioleta; 47,3% al visible y 45,7% al infrarrojo.

Las ondas en el intervalo de $0,25\text{ }\mu\text{m}$ a $4,0\text{ }\mu\text{m}$ se denominan espectro de onda corta, para muchos propósitos como en aplicaciones de celdas solares y en el proceso de la fotosíntesis.

5.1.5 Medición de la radiación solar

La radiación se mide en forma directa utilizando instrumentos que reciben el nombre de radiómetros y en forma indirecta mediante modelos matemáticos de estimación que correlacionan la radiación con el brillo solar. Los radiómetros solares como los piranómetros o solarímetros y los pirheliómetros, según sus características, pueden servir para medir la radiación solar incidente global (directa más difusa), la directa (procedente del rayo solar), la difusa, la neta y el brillo solar.

En Colombia el IDEAM estableció una red nacional para la vigilancia y monitoreo de la radiación ultravioleta y visible con 5 estaciones de superficie en el país ubicada en: Riohacha, Bogotá, Pasto, Leticia y San Andrés.

5.1.6 Constante Solar

En el tope de la atmósfera, a una distancia promedio de 150×10^6 Km del sol, el flujo de energía de onda corta interceptada por una superficie normal a la dirección del sol en vatios por metro cuadrado (W/m^2) es llamada *constante solar*. Midiendo su variabilidad en el espacio y en el tiempo sobre el globo se puede definir el forzamiento radiativo básico del sistema climático. Este valor da una idea de los valores que se registran en el tope de la atmósfera y de los valores que finalmente llegan a la superficie de la tierra durante el día como consecuencia de las “pérdidas” de radiación por fenómenos (procesos de atenuación) como la reflexión, refracción y difracción durante su trayectoria.

5.1.7 Atenuación de la radiación solar

El Sol es la principal fuente de energía para todos los procesos que ocurren en el sistema tierra - atmósfera – océano. Más del 99.9 % de la energía que este sistema recibe proviene del Sol. La radiación solar al pasar por la atmósfera sufre

un proceso de debilitamiento por la dispersión (debida a los aerosoles), la reflexión (por las nubes) y la absorción (por las moléculas de gases y por partículas en suspensión), por lo tanto, la radiación solar reflejada o absorbida por la superficie terrestre (océano o continente) es menor a la del tope de la atmósfera. Esto depende de la longitud de onda de la energía transmitida y del tamaño y naturaleza de la sustancia que modifica la radiación. La superficie de la Tierra, suelos, océanos, y también la atmósfera, absorbe energía solar y la vuelven a irradiar en forma de calor en todas direcciones.

Los procesos de atenuación que sufre la radiación solar en su trayectoria hacia la tierra son:

5.1.7.1 Dispersión. La radiación solar viaja en línea recta, pero los gases y partículas en la atmósfera pueden desviar esta energía, lo que se llama dispersión. La dispersión ocurre cuando un fotón afecta a un obstáculo sin ser absorbido cambiando solamente la dirección del recorrido de ese fotón. La dispersión depende de la longitud de onda, en el sentido de que cuanto más corta sea ésta, tanto mayor será la dispersión. Moléculas de gas con tamaños relativamente pequeño comparadas con la longitud de onda causan que la radiación incidente se disperse en todas las direcciones, hacia adelante y hacia atrás, este fenómeno es conocido como dispersión de Rayleigh. Aerosoles cuyos tamaños son comparables o exceden a las longitudes de onda de la radiación incidente, hacen que ésta no se disperse en todas las direcciones sino mayormente hacia adelante, fenómeno llamado dispersión de Mie.

El proceso de la dispersión explica cómo un área con sombra o pieza sin luz solar está iluminada, le llega luz difusa o radiación difusa. Los gases de la atmósfera dispersan más efectivamente las longitudes de onda más cortas (violeta y azul) que en longitudes de onda más largas (naranja y rojo). Esto explica el color azul del cielo y los colores rojo y naranja del amanecer y atardecer. Salvo a la salida y

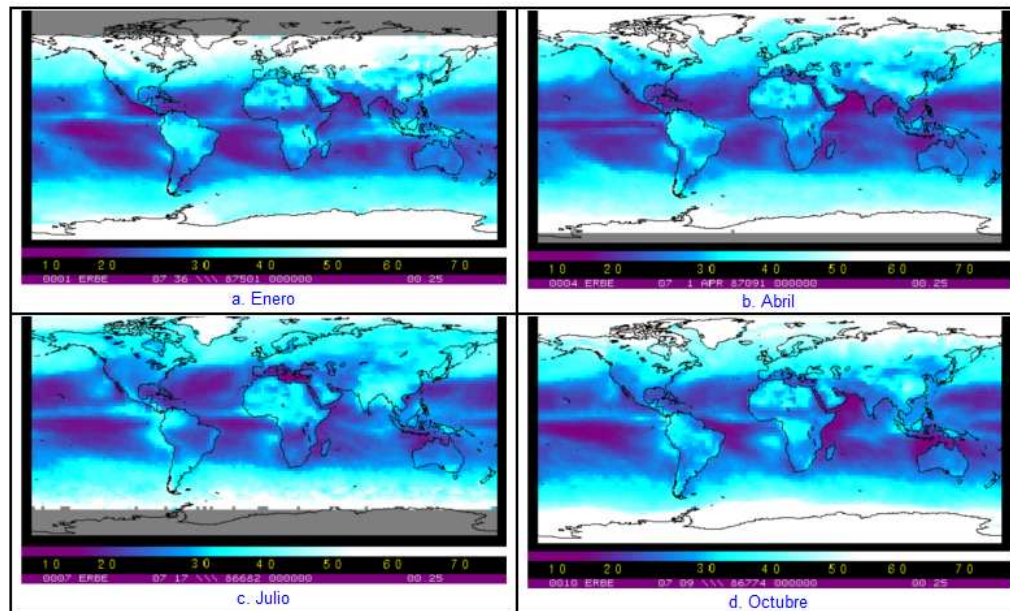
a la puesta del Sol, todos los puntos del cielo son fuentes de difusión de luz azul para un observador ubicado en la superficie terrestre; al amanecer y en el crepúsculo, los rayos deben recorrer un camino más largo a través de la baja atmósfera; esto hace que casi toda la luz azul haya sido difundida antes de llegar al observador. Es por eso que la luz reflejada por las nubes o la difundida por las capas brumosas hacia el observador aparece rojiza.

5.1.7.2 Reflexión (Albedo). La capacidad de reflexión o fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra o cualquier otra superficie se denomina Albedo. El albedo planetario es en promedio de un 30%. Esta energía se pierde y no interviene en el calentamiento de la atmósfera.

El albedo es variable de un lugar a otro y de un instante a otro, depende de la cobertura nubosa, naturaleza de la superficie, inclinación de los rayos solares, partículas en el aire, etc.

En la figura 5, se presenta el albedo medio para algunos meses del año obtenidos a partir del Experimento del Balance de Radiación de la Tierra (ERBE), elaborado por la NASA.

Figura 9. Albedo planetario medio mensual obtenido a partir del Experimento del Balance de Radiación de la Tierra (ERBE), elaborado por la NASA.



El albedo medio anual de los hemisferios septentrionales y meridionales es casi el mismo, demostrando la influencia importante de las nubes. Se destaca el alto albedo en la costa occidental de Sudamérica, ya que en esta región persisten las nubes bajas de tipo estrato. El ciclo anual del albedo sigue el ciclo anual de la posición del sol.

En la figura 5 se observa que las regiones oceánicas con poca nubosidad tienen albedos bajos, mientras que los desiertos tienen albedos con valores del orden de 30% a 40%. En las regiones tropicales, como en gran parte de su mayoría del terreno Colombiano, la variación del albedo está influenciada por perturbaciones del tiempo y la distribución de nubes asociadas. En las regiones polares, las variaciones estacionales del albedo están relacionadas con la distribución de las capas de hielo y el decrecimiento del ángulo de elevación solar con la latitud.

En general, las superficies oscuras y quebradas reflejan menos que las claras y lisas. Al aumentar la humedad del suelo, este absorbe mayor cantidad de radiación global, lo que influye en el régimen térmico de las superficies regadas.

El albedo del suelo en general está comprendido entre el 10% y el 30%, el barro húmedo baja su valor hasta un 5%, en el caso de arena seca eleva su valor a un 40%. El albedo de los sembrados y bosques está entre 10 y 25% y la nieve reciente alcanza un valor de 80 a 90%.

El albedo del agua en promedio es menor que el del suelo, esto se debe a que los rayos solares penetran en el agua más que en la tierra. En el albedo del agua influye el grado de turbiedad; en el agua sucia el albedo aumenta con respecto al agua limpia.

Tabla 1. Albedo de algunas superficies comunes.

SUPERFICIE	ALBEDO %
Nieve fresca	80–85
Arena	20-30
Pasto	20-25
Bosque	5-10
Suelo seco	15-25
Agua (sol cerca del horizonte)	50-80
Agua (sol cerca del cenit)	3-5
Nube gruesa	70-80
Nube delgada	25-30
Tierra y atmósfera global	30

Fuente: <http://www2.udec.cl/~jinzunza/meteo>

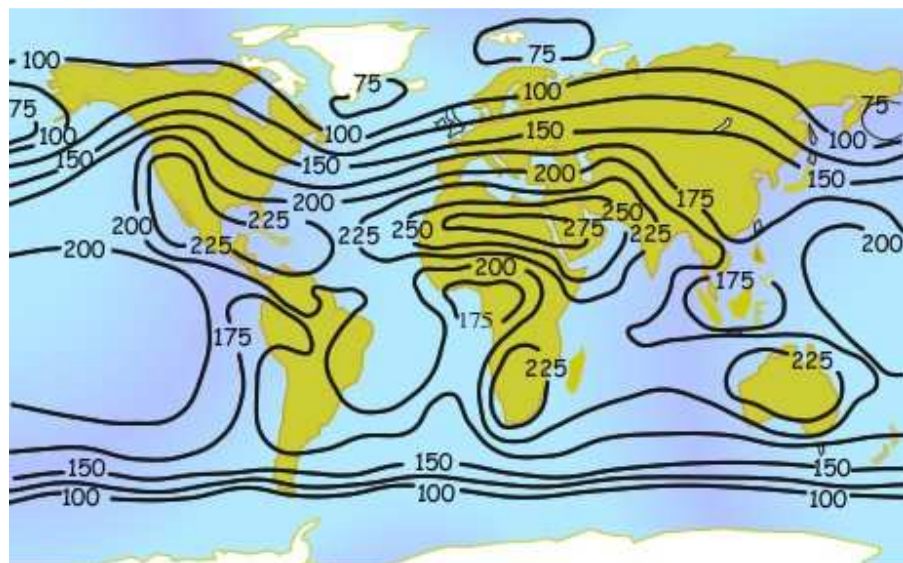
5.2 VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LA RADIACIÓN SOLAR

5.2.1 Distribución Global

El flujo medio incidente de radiación solar en el tope de la atmósfera es un cuarto de la constante solar, es decir, unos 342 W/m² y queda reducida en superficie (por reflexión y absorción) a unos 170 W/m².

La figura 6 muestra la radiación solar media recibida en superficie durante el día, expresada en W/m², oscilando entre un máximo de 275 W/m² en las regiones despejadas de nubosidad del Sahara y Arabia, hasta un mínimo de 75 W/m² en las islas brumosas del Ártico. La media global, como se mencionó, es 170 W/m².

Figura 10. Distribución global de la radiación



Fuente: <http://homepage.mac.com/uriarte/maprad.html>

Los valores máximos se concentran en las zonas subtropicales, en torno a los 30° de latitud, debido a que los rayos solares llegan a la superficie terrestre en forma más perpendicular sobre esas latitudes, principalmente, en las épocas de verano

de cada uno de los hemisferios. En la noche polar de cada hemisferio, la radiación solar que llega a las zonas polares es cercana a cero. En el día polar la radiación solar en los polos es equivalente a la radiación solar de latitudes medias del hemisferio opuesto al día polar, pero las temperaturas no son equivalentes, ya que en días polares las temperaturas son siempre cercanas o menores a 0°C.

En Colombia, en el norte de la región Caribe se presentan valores de radiación solar media en superficie del orden de 225 W/m² y superiores, hacia el sur del país se dan valores entre 200 y 175 W/m² y en algunas zonas inferiores a 175 W/m², mientras que en el resto se dan valores del orden de 200 y 225 W/m².

5.2.2 Distribución en Colombia

El conocimiento de la distribución espacial y temporal del potencial energético solar es necesario porque facilita la identificación de regiones estratégicas en donde es más adecuada la utilización de la energía solar para la solución de necesidades energéticas.

En la figura 7 se muestra el promedio en kWh/m² de la radiación solar global acumulada en el día que incide sobre el territorio colombiano. El valor de la energía corresponde al valor agregado de los kWh que en promedio inciden durante el día sobre un metro cuadrado. Es una distribución espacial más específica a la mostrada en la distribución global, manteniéndose el comportamiento de mayores promedios en el norte del país y los menores hacia el occidente y suroccidente (para tener una equivalencia entre los W/m² de la figura 1 y los kWh/m² por día de la figura 6, los primeros se multiplican por 24 y se dividen por 1.000).

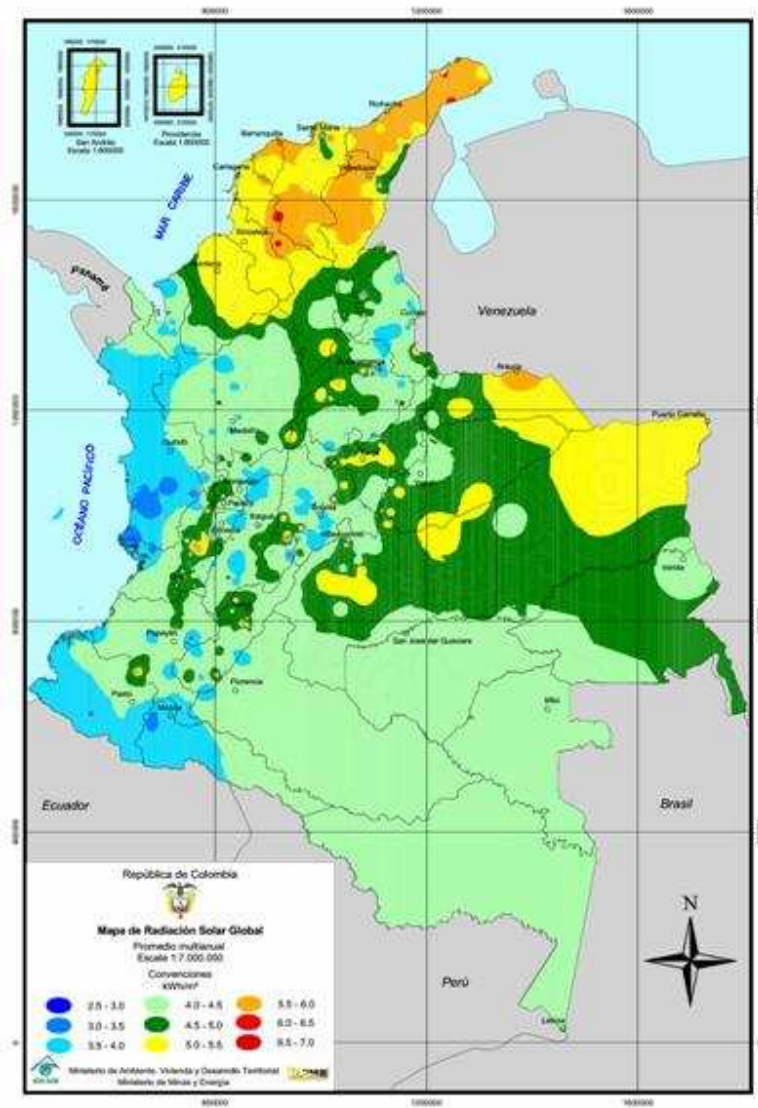
Se puede observar, que sobre la mayor parte del territorio Colombiano la incidencia de la radiación solar global tiene promedios entre 4,0 y 4,5 kWh/m² por día, especialmente sobre gran parte de la Amazonía y la región Andina, así como

en sectores de la región Pacífica y la Orinoquia. Colombia debido a su posición geográfica es favorecida con una gran disponibilidad del recurso solar.

Las zonas que reciben mayor intensidad de radiación solar global en Colombia, superiores a los 5,0 kWh/m² por día son: la región Caribe, nororiente de la Orinoquia, amplios sectores de Meta y Casanare y pequeños sectores de los departamentos de Cauca, Huila, Valle, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Santanderes, Antioquia y las Islas de San Andrés y Providencia. Los valores más altos (entre 5,5 y 6,0 kWh/m² por día y en algunos sitios con valores superiores) se presentan en el departamento de La Guajira, norte y sur del Magdalena, norte de Cesar y reducidos sectores de Atlántico, Bolívar, Sucre y Arauca.

Las zonas con menor intensidad de radiación solar global en Colombia, con valores inferiores a los 3,5 kWh/m² por día, se presentan en sectores de Chocó, Valle, Cauca, Nariño, Putumayo, Tolima, Eje Cafetero y Santander.

Figura 11. Distribución espacial de la Radiación Global en Colombia, promedio multianual



Fuente: IDEAM

6. ESTADO DEL ARTE

6.1 HISTORIA

Desde las más remotas épocas las personas han usado la energía del sol para purificar el agua, secar frutas y cocinar los vegetales.

La primera cocina solar con tecnología moderna se atribuyó al Francés-Sueco Horace de Suassure, que construyó una pequeña caja solar, entre otros inventos relacionados con esta fuente de energía. La Cocina Solar de Horace contenía dos cajas de madera de pino, una dentro de la otra aisladas entre ellas con cubiertas de vidrio.

El Astrónomo británico John Herschel utilizó una cocina solar de su propia invención durante el viaje que hizo por el Sur África en el año 1830.

También en el siglo XIX, Adams experimentó en la India diferentes productos solares con bastante éxito, hasta el año de 1860, Mouchot, en Argelia cocinó con un reflector curvado, concentrando los rayos solares sobre una cacerola pequeña.

En 1881 Samuel P. Langley utilizó una cocina solar durante la subida al monte Whitney en los Estados Unidos.

Charles Abbot diseñó un espejo concentrador y logró alcanzar una temperatura alrededor de 200 grados centígrados, calentando aceite y así reteniendo parte del calor durante horas después de la puesta del sol, consiguiendo cocinar algunos alimentos durante la noche.

Con la llegada del siglo XX, la utilización masiva de los combustibles fósiles como también las posibilidades de obtención de energía abundante y relativamente barata en casi todos los sectores de la población, el mundo industrializado se ha olvidado de las técnicas antiguas simples y naturales. Solo en el último tercio de

este siglo, cuando comenzaron a aparecer los problemas resultantes de la masificación de productos petrolíferos y con la creciente contaminación generada por el uso de sus derivados, la energía solar vuelve a ser usada como en un principio.

En 1960 un estudio de la ONU fue publicado para apoyar las posibilidades de la implementación y desarrollo de cocinas solares en países subdesarrollados o en vía de desarrollo. La conclusión de la publicación fue que las cocinas eran viables y que se necesitaba solo un cambio en las costumbres de la población objetivo para adaptar este uso a gran escala.

En esta búsqueda para que la cocina sea una opción real para el uso masivo en la cocción de alimentos no se puede dejar de mencionar los grandes esfuerzos que hizo la ingeniera Maria Telkes (1900-1995) quien creó un sinnúmero de cocinas solares, caracterizadas por ser construcciones fáciles y de bajo costo, para poder ser utilizadas en países pobres.

En China y posteriormente en la India, han hecho enormes esfuerzos para distribuir un número elevado de cocinas solares entre la población.

En 1970 Serry Cole y Barbara Kerr desarrollaron en Arizona varios modelos de cocinas solares que ha sido de gran aceptación en función a los bajos precios, simultáneamente, Dan Halacy, un pionero del campo de la energía solar, fabrico en 1968 la cocina solar 30-60 llamado así porque su construcción se basaba en ángulos de dichas medidas.

En los 80 se dio la popularización de *Solar Chef* de Sam Erwin, era el horno domestico más eficiente aunque era más simple el *Sunspot* de Bud Clevette, que junto con el solar chef alcanzo una gran difusión.

En 1992 la asociación *Solar Cookers International* promueve la Primera Conferencia Mundial Sobre Cocinas Solares, haciendo de este un acontecimiento histórico que reúne investigadores y aficionados de 18 países. Esta conferencia

se ha repetido en 1995, 1997 y recientemente en el 2006 se reunieron en España, hoy en día han hecho una red de solidaridad dando apoyo a familias haitianas brindándoles cocinas solares.

En Colombia el estudio de sistemas solares a partir de los ochentas ha sido de gran importancia para Colciencias con grupos de investigación FENR (Fuentes de Energía Nuevas y Renovables) en paralelo con los centro de investigación de la Universidad Nacional. Actualmente en la Región de Antioquia las siguientes universidades están dando apoyo para la investigación y desarrollo de sistemas de energías renovables, La Universidad de Antioquia, La Universidad Nacional, La Universidad Pontificia Bolivariana, el Instituto Tecnológico Metropolitano y junto con Las Empresas Publicas de Medellín, han creado más de 101 grupos de I&D, integrados por estudiantes de maestrías y doctorados en diferentes disciplinas.

6.2 VENTAJAS DE USAR LAS COCINAS SOLARES PARA LA PURIFICACIÓN DEL AGUA

En la Guajira y el resto de la costa atlántica se presentan las mejores características para el uso de sistemas solares ya que se obtiene un 84% del potencial de la energía solar y lo más importante es que la variación mensual de la radiación global frente a la media anual es pequeña comparada con las variaciones de otras regiones del mundo, lo que permite que los sistemas de acumulación de energía sean de capacidad reducida. En esta zona es evidente que gran parte de la población tiene NBI y están activos los problemas de salud gastrointestinal.

Aprovechando la energía que nos brinda el sol, las cocinas transforma la radiación solar en calor que podría ser destinada a la desinfección del agua o preparación de alimentos y muy importante también, reducir el esfuerzo de aquellos que están en búsqueda de la leña para la preparación de alimentos contribuyendo a la preservación de la naturaleza, lo que contribuye a los esfuerzos para eliminar el

dióxido de carbono de la atmósfera y reducir concentraciones de este gas. Según el Ingeniero Brasileiro Arnaldo Moura Bezerra(2001) el 30% de la madera de la región de Caatinga al noreste brasileiro se transforman para la cocción de alimentos, Arnaldo asegura que con usar las cocinas solares sería posible economizar hasta un 55% de leña evitando la deforestación, además aclara que la principal ventaja del uso de cocinas solares es la disponibilidad de energía gratuita y abundante, evitando quemaduras, incendios y peligros de explosión.

Actualmente, la mayoría de cocinas solares poseen concentradores que son normalmente contruidos de forma parabólica, semi-esférica, cilindro-parabólica, cónica troncada y cónica, donde la energía calorífica es concentrada en una zona focal siendo suficiente para obtener las calorías necesarias para la ebullición del agua, cocinar, asar y freír alimentos.

Para que puedan tener un buen desempeño, estos sistemas necesitan de radiación directa, cielo claro y poca nubosidad.

Por lo tanto el uso de sistemas de cocción solar beneficiaría a los usuarios, especialmente a aquellos de bajos ingresos que viven en zonas rurales y sería una valiosa contribución para preservar la flora y fauna Colombiana, que se encuentra comprometida por tala de árboles para la obtención de leña, ramos y otros materiales para la generación de energía térmica.

6.3 TIPOS DE COCINAS SOLARES

Las cocinas solares son dispositivos especiales que por intermedio de la luz solar sirve para la cocción del agua, alimentos y otras utilidades. Estas se clasifican en tres tipos básicos: cocinas tipo caja, cocinas concentradoras y cocinas climatizadas por medio de colectores de placa plana.

6.3.1 Cocina solar tipo caja

Este tipo de cocinas pueden tener diferentes cantidades de reflectores externos, planos o levemente cóncavos. Se caracterizan por permitir la obtención de temperaturas en torno a los 150 grados centígrados. Este se demora en calentar y su operatividad es muy simple, además tiene otra ventaja que es poder funcionar prácticamente sin intervención del usuario, manteniendo el alimento caliente durante un tiempo prolongado. Tampoco produce efectos nocivos para el usuario contemplado por la reflexión. Son estables y no representa riesgos por llamas, por lo tanto no presentan susceptibilidad a quemaduras solares.

Son contruidos con materiales de bajo costo, aunque es probable que no sea para uso diario durante todo el año. Se puede construir modelos de fácil transporte, livianos y plegables.

En algunos casos es posible que este acoplado a un sistema auxiliar que utilice gas como combustible, por lo tanto se podría retirar la comida y completar su cocción por vía tradicional por ejemplo en caso de estar nublado.

Este tipo de cocinas poseen una amplia aplicación en todo el mundo, principalmente en Asia y África, destacándose India y China, siendo estos países los que más han invertido en programas sociales que dan viabilidad a la construcción de cocinas solares de bajo costo, para una participación significativa por parte de la gente.

Una ventaja es que las personas adquieren un producto y después de un corto tiempo aprenden como hacer sus propias cocinas. Estas obtiene diferentes niveles de temperatura pudiendo sobrepasar los 150 grados centígrados dependiendo del proyecto, siendo utilizadas no solo para cocina sino también para pasteurizar agua potable y esterilizar instrumentos médicos¹² ya que algunas experiencias han

¹² <http://www.solare-bruecke.org/>

demostrado que muchos procesos de cocción pueden realizarse a 75 grados centígrados, durante más de dos horas¹³.

Figura 12. Cocina solar tipo caja



Figura 13. Cocina Solar de Reflector Plano



¹³ www.solarcooking.org

6.3.2 Cocina solar por concentración

Son dispositivos que captan la radiación solar y lo concentran en un punto focal, donde se ubica la olla y donde se puede desinfectar el agua o también cocinar alimentos.

Tiene como desventaja la necesidad de luz solar directa, requiere de un mecanismo de acompañamiento de la trayectoria del sol con reorientación cada 30 minutos, además es de enfriamiento rápido de los alimentos cuando se desvía el foco o hay nubosidad, también el viento le puede generar inestabilidad, hay riesgo de quemarse con la cocina o generar daños por rayos reflejados o exposición de algunos objetos por largo tiempo. Por otro lado esta cocina puede alcanzar altas temperaturas fácilmente y permitir la cocción del agua más eficientemente, teniendo en cuenta que también se podrían hacer asado y frituras.

Figura 14. Tipos de cocina solar por concentración¹⁴



¹⁴ Fuentes Imágenes: TESIS: Construcción y análisis del desempeño de una cocina solar a concentración, utilizando dos focos para la cocción directa. Universidad Federal de Rio Grande del norte. Brasil, 2007







6.3.3 Cocina solar calentada por colectores de placa plana

Las desventajas que posee están relacionadas al tamaño de la estructura que requiere, sumado a su peso, la dificultad de transporte y un mayor costo en comparación con otros tipos. Los más comunes son los modelos que utilizan fluidos de trabajo y placa de almacenamiento de calor importado, como es el caso del modelo de estudio hecho en UFCE, como aparece en la siguiente figura

Sus ventajas residen en la facilidad de uso y la posibilidad de cocinar en la sombra. No es necesario estar reorientándolo, este funciona de acuerdo a la intervención del usuario, manteniendo caliente los alimentos durante largo tiempo, no producen llama, tampoco posee riesgos a quemadura. No son de muy buena apariencia y son de gran tamaños como para atender de forma masiva instituciones, hoteles, hospitales, etc. (SILVA, 2002)

Figura 15. Cocina solar con colectores de placa plana



Fuentes Imagen: <http://juanjosera.blogspot.com/>

6.4 LA PARÁBOLA

Es la sección cónica resultante de cortar un cono recto con un plano paralelo a su generatriz. Se define también como el lugar geométrico de los puntos que equidistan de una recta (eje o directriz) y un punto fijo llamado foco.

La parábola fue descubierta por Menecmo y el primero en usar la parábola fue Apolonio de Perge.

Apolonio fue quien mencionó que un espejo parabólico refleja de forma paralela los rayos emitidos desde su foco, propiedad usada hoy en día como en las antenas satelitales y otra cantidad de aplicaciones.

6.4.1 Propiedades de la parábola

A partir de la siguiente definición una **parábola** es el lugar geométrico de los puntos equidistantes de una recta dada, llamada directriz, y un punto fijo que se denomina foco.

Figura 16. Elementos que conforman una Parábola

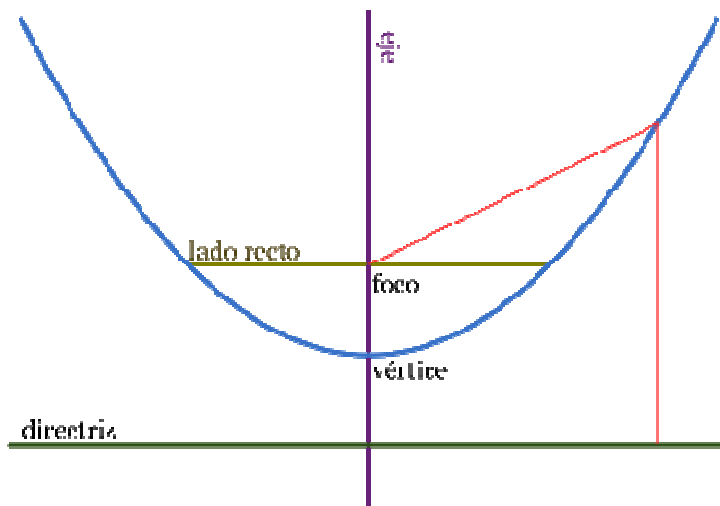
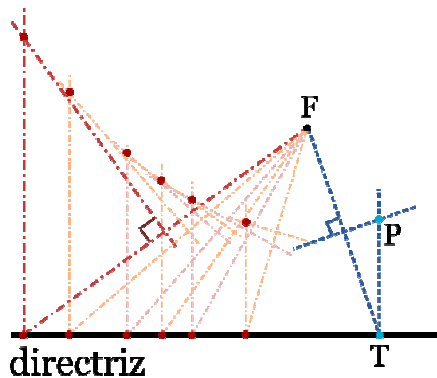
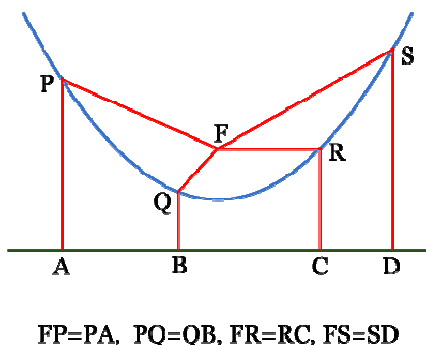


Figura 17. Construcción de una parábola



De esta forma, como se ve en la figura 12, una vez fija una recta y un punto se puede construir una parábola que los tenga por foco y directriz de acuerdo a la siguiente construcción. Sea T un punto cualquiera de la recta directriz. Se une con el foco dado F y a continuación se traza la mediatriz (o perpendicular por el punto medio) del segmento TF . La intersección de la mediatriz con la perpendicular por T a la directriz da como resultado un punto P que pertenece a la parábola. Repitiendo el proceso para diferentes puntos T se puede aproximar tantos puntos de la parábola como sea necesario.

Figura 18. Distancia de la parábola al foco (F) es igual a la distancia de la parábola a la directriz.

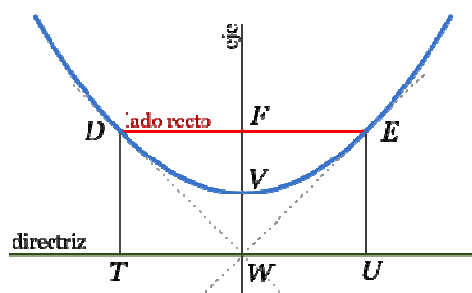


De la construcción anterior se puede probar que la parábola es simétrica respecto a la línea perpendicular a la directriz y que pasa por el foco. Al punto de intersección de la parábola con tal línea (conocida como eje de la parábola) se le conoce como vértice de la parábola y es el punto cuya distancia a la directriz es mínima. La distancia entre el vértice y el foco se conoce como Distancia focal o Radio focal.

Al segmento de recta comprendido por la parábola, que pasa por el foco y es paralelo a la directriz, se le conoce como *lado recto*.

La longitud del lado recto es siempre 4 veces la distancia focal.

Figura 19. El lado recto mide 4 veces la distancia focal



Siendo D, E los extremos del lado recto y T, U las respectivas proyecciones sobre la directriz, denotando por W la proyección del foco F sobre la directriz, se observa que $FEUW$ y $DFWT$ son cuadrados, y sus lados miden $FW=2FV$. Por tanto el segmento DE es igual a 4 veces el segmento FV (la distancia focal).

Además, tales tangentes se cortan en la directriz, precisamente en el punto de proyección W del foco, propiedades que pueden ser aprovechadas para construir una aproximación geométrica del foco y la directriz cuando éstos son desconocidos. Dado que la parábola es una sección cónica, también puede describirse como la única sección cónica que tiene excentricidad $e = 1$. La

unicidad se refiere a que todas las parábolas son semejantes, es decir, tienen la misma forma, salvo su escala.

7. FACTORES HUMANOS

Es primordial lograr un desempeño eficiente en la interacción del artefacto – hombre – entorno, para esto haremos un análisis antropométrico y ergonómico para nuestra sociedad a partir de información obtenida de bibliografía colombiana y española.

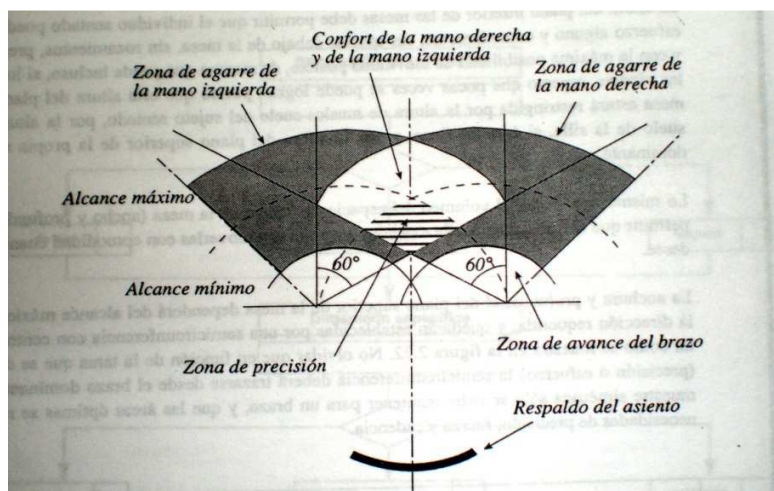
Se hará un estudio de un conjunto de características comunes en las mujeres como el grupo escogido ya que son ellas las que en la mayoría de los casos cocinan en estas zonas y esto ayudará para precisar los parámetros determinantes del diseño de la cocina.

Todas las cualidades y características del grupo son involucradas en el proyecto, por ser rasgos distintivos y comunes que pueden afectar las propuestas de solución, incorporando así los factores humanos.

7.1 POSICIÓN DE TRABAJO Y LUGARES DE ACCESO

Zona de alta precisión, donde el desempeño es alto cuando tenemos las cosas al alcance es esta zona, hay un confort en ambas manos para la operación.

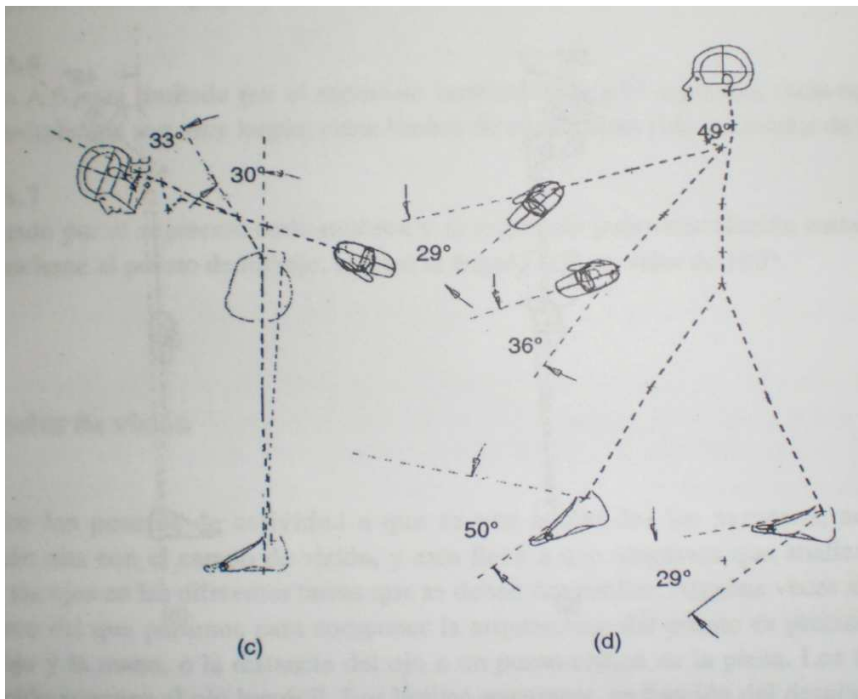
Figura 20. Zona de alta precisión



7.2 ÁNGULOS Y LÍMITES DEL CUERPO HUMANO ASEQUIBLES PARA LA COCCIÓN Y ÁNGULOS DE CONFORT

Estos son los movimientos que podemos realizar con las diversas articulaciones llevándolo a límites de personas normales.

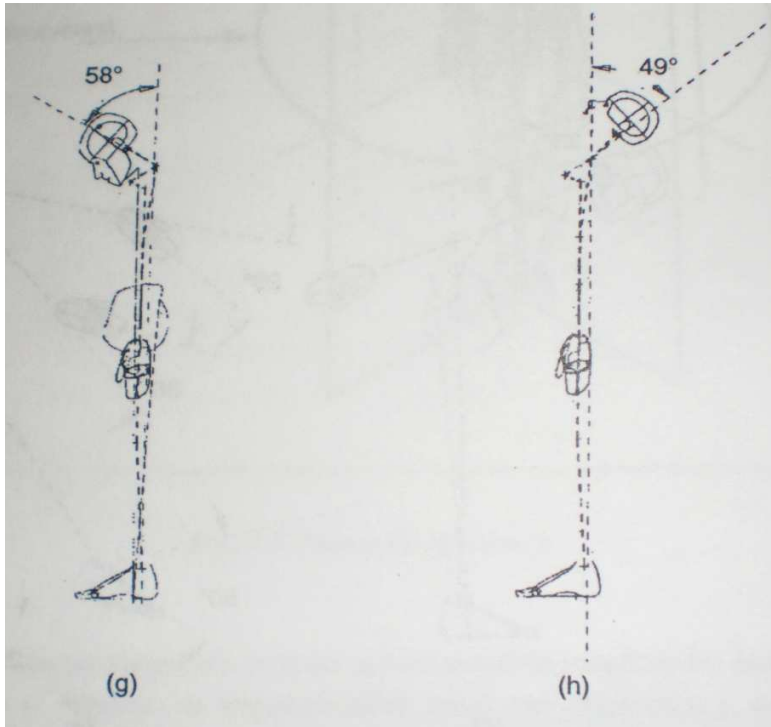
Figura 21. Movimientos con las articulaciones



Fuentes Imágenes: Libro: "ERGONOMIA 3: Diseño de puestos de trabajo".

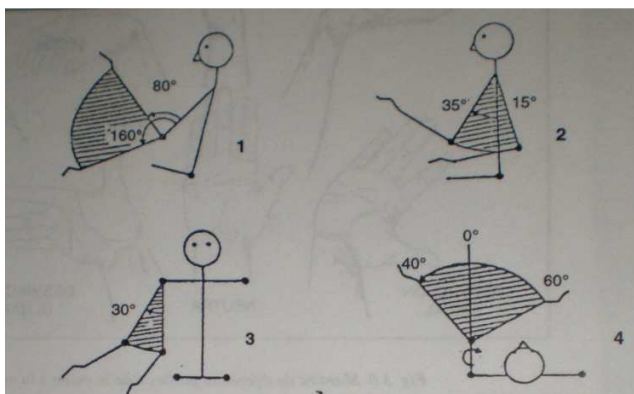
Para poder tener una observación clara del estado del agua en la cocina la persona puede hacer una inclinación de 30 grados con el torso e identificar que está sucediendo, ya que no requiere un periodo largo de tiempo únicamente unos segundo.

Figura 22. Movimientos de ángulos límites máximos adecuados para el cuello



Estos son los movimientos ideales para nuestro cuerpo donde el esfuerzo se vuelve un movimiento fácil y cómodo para el desempeño

Figura 23. Movimientos con ángulos límites para los brazos

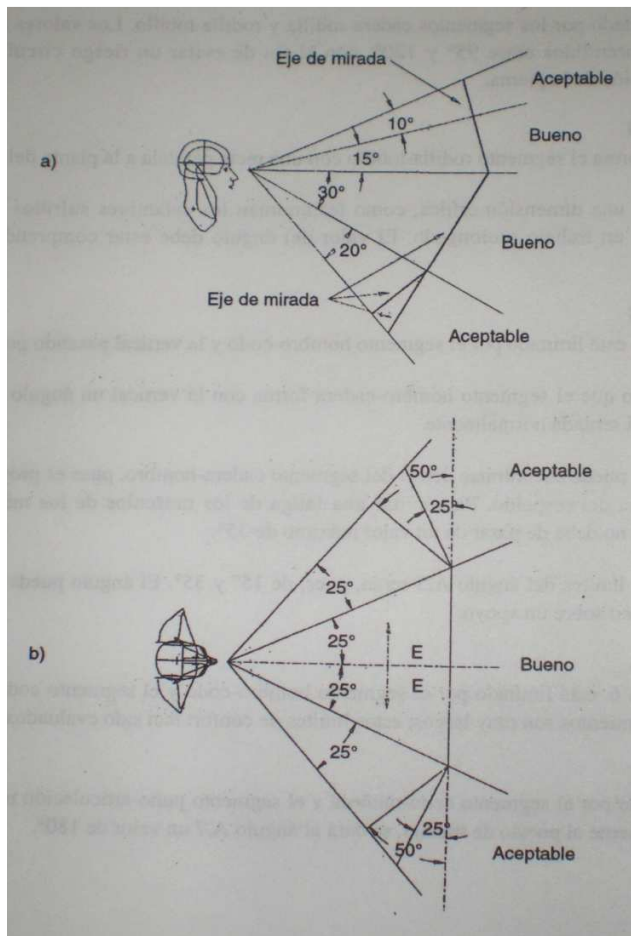


Estos ángulos no se exceden los movimientos para ensamblar y operar el sistema de cocción.

7.3 POSICIÓN VISUAL PARA EL PUESTO DE TRABAJO

En esta actividad es de gran importancia el campo visual ya que a partir de este se observará si se calentó el agua hasta llegar a ebullición, observación que indica que el agua está lista para ser ingerida.

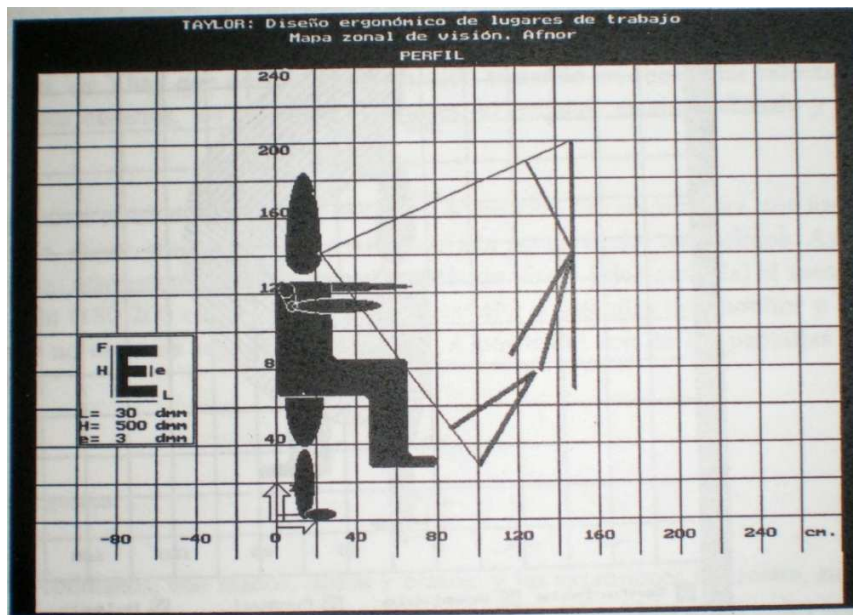
Figura 24. Posición visual



Fuentes Imágenes: Libro: "ERGONOMIA 3: Diseño de puestos de trabajo".

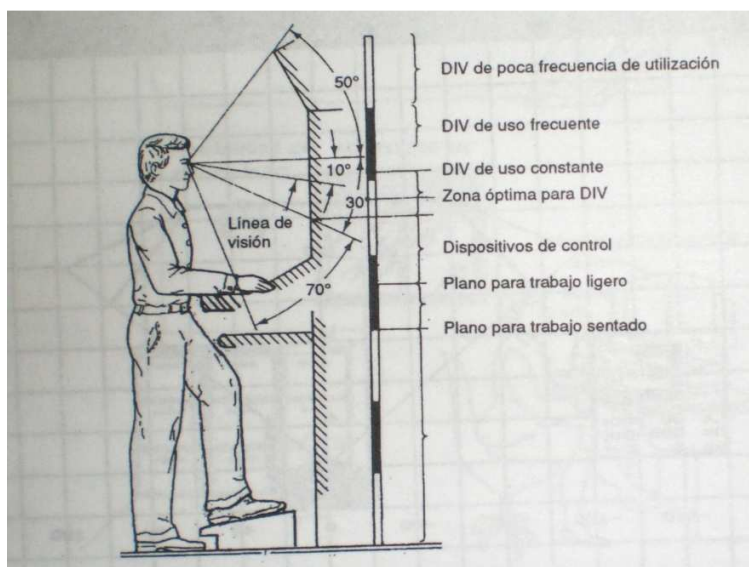
Para la posición visual el producto puede estar ubicado entre un ángulo 40 y 60 grados ya que esta operación se hace en intervalos de cada 20 minutos lo cual no exige un esfuerzo mayor.

Figura 25. Mapa zonal de visión



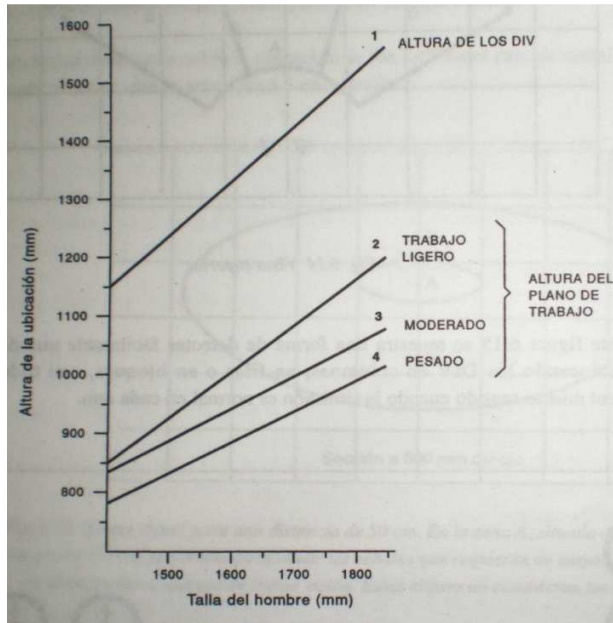
Alturas recomendadas para situar DIV (Dispositivos Informativos Visuales)

Figura 26. Alturas recomendadas para posición visual



“Lomov y Venda sugieren en las rectas de la figura. XX las alturas para la colocación de los DIV en los puestos de trabajo, así como las alturas del plano de trabajo según la intensidad de la actividad física, y las alturas de las personas”.

Figura 27. Altura del plano de trabajo

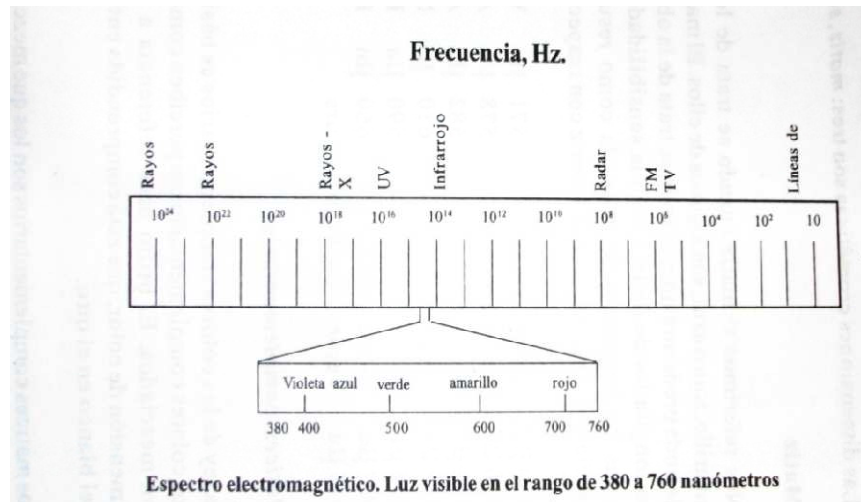


Fuentes Imágenes: Libro: “ERGONOMIA 3: Diseño de puestos de trabajo”.

La Posición donde queda ubicada la cocina es en el piso y este queda a una altura de trabajo pesado para una persona, pero como es un producto que requiere muy poca atención se presta para que el usuario no tenga inconvenientes en operarlo, ya que lo básico de uso es llenar la olla de agua y ubicarlo en la base del sistema de cocción solar.

7.4 CARACTERÍSTICAS DEL OJO CON REFERENCIA A LA LUZ SOLAR

Figura 28. Espectro electromagnético y ventanas atmosféricas.



Las radiaciones electromagnéticas cubren una amplia gama de longitudes de onda entre las que se encuentran aquellas que podemos ver y que llamamos luz. Las radiaciones de longitudes de onda menores que la luz son los rayos ultravioleta, los rayos X y los rayos UV. Las radiaciones con longitudes de onda mayores son el infrarrojo, las microondas y las ondas de radio. Nuestra atmósfera impide el paso de la mayor parte de estas radiaciones hasta la superficie y sólo deja penetrar aquellas que se encuentran en dos "ventanas": una en la región visible y otra en la región de las radioondas.

Es importante tener en cuenta que cuando la luz está concentrada puede llegar a tener un espectro electromagnético mayor, por lo tanto se deben usar gafas de protección ultravioleta para el cuidado de los ojos.

7.5 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS PARA MUJERES COLOMBIANAS

Es muy importante tener este aspecto presente para que en el momento de la realización de la actividad en la mayoría del caso se desempeñe en los movimientos de confort, así este se sentirá en armonía cuando interactúe con el producto, o en este caso aparato **ecológico**.

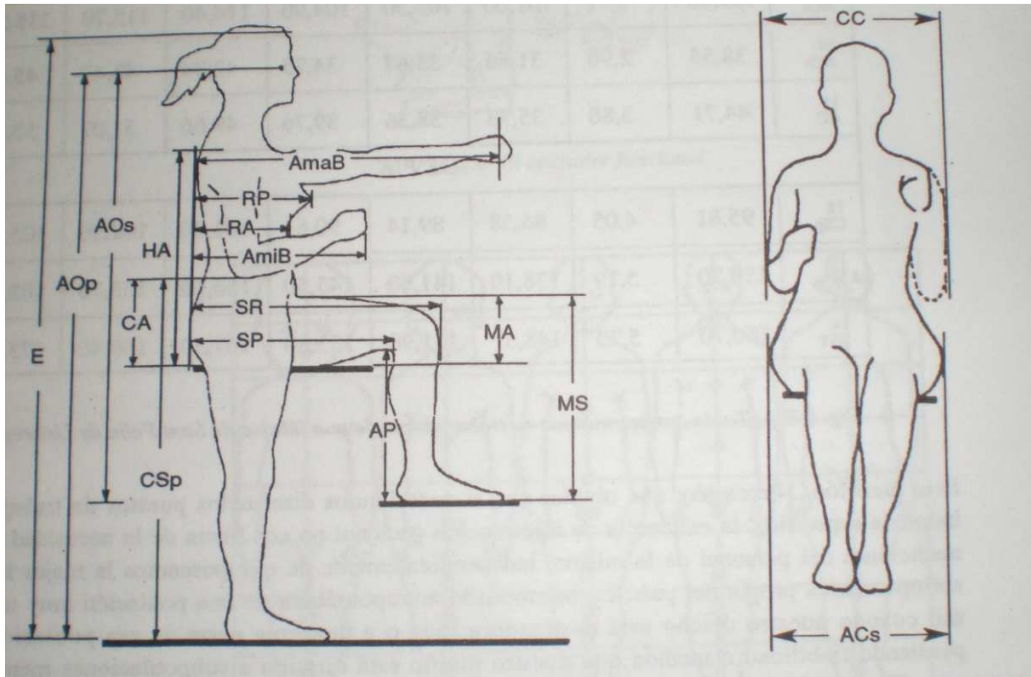
Los datos son tomados a partir de unas medidas que se hicieron en una fábrica en Sant Feliu de Llobregat de España¹⁵, ya que las medidas promedio de las mujeres son muy similares a las medidas promedio de la mujer colombiana con una pequeña diferencia de 2,05cm según los datos.

La medida Altura Promedio de la Mujer Colombiana en 1984 es 158,65cm, es válido aclarar que las medidas en el transcurso del tiempo han ido aumentando, según Adolfo Mesiel en su ensayo de economía regional, desde el periodo de 1910 a 1984 en un 5.2% su estatura, suponiendo que para el día de hoy se cumple este ciclo la mujer Colombiana estaría midiendo alrededor de 161,7cm¹⁶ y el promedio de la mujer española es 160,7cm

¹⁵ MONDELO, Pedro. Ergonomía 3: Diseño de puestos de Trabajo, Edición UPC, S.L. Universidad Politécnica de Catalunya de 2001. p. 37

¹⁶ MEISEL, Adolfo y VEGA, Margarita. La Estatura de los Colombianos: Un ensayo de Antropometría Histórica, 1910-2002, Mayo de 2004, p. 9

Figura 29. Medidas antropométricas más utilizadas para el diseño de puestos de trabajo



Fuente Imagen: Libro: Ergonomía Aplicada

- a. Sentado y de pie, de perfil
- b. Sentado de frente.

Las medidas del cuerpo humano son numerosas pero con unas medidas básicas se puede obtener un puesto adecuado para el desempeño de la actividad.

Tabla 2. Antropométrica de trabajadoras de la fábrica Sant Feliu de Llobregat, medidas en centímetros

Dim	Media	D.E	P1	P5	P10	P90	P95	P99
SENTADO								
AP	37,07	1,61	33,32	34,42	35	39,13	39,72	40,82
SP	48,28	2,84	41,67	43,6	44,63	51,92	52,96	54,89
SR	57,95	3,29	50,3	52,54	53,73	62,17	63,67	65,61
MA	13,71	1,3	10,69	11,58	12,05	15,37	15,84	16,73
MS	53,12	1,94	48,61	49,93	50,63	55,6	56,3	57,52
CA	19,97	2,49	14,18	15,87	16,78	23,16	24,07	25,76
AmiB	40,15	2,84	33,54	35,47	36,5	43,79	44,82	46,76
AmaB	67,88	3,82	58,98	61,59	62,98	72,78	74,17	76,77
AOs	109,6	3,71	101	103,5	104,9	114,4	115,7	118,2
ACs	38,55	2,96	31,66	33,67	34,75	42,34	43,42	45,44
CC	44,71	3,86	35,73	38,36	39,76	49,66	51,07	53,7
DE PIE								
CSp	95,81	4,05	86,38	89,14	90,61	101	102,5	105,2
Aop	150,2	5,19	138,1	141,6	143,5	156,8	158,7	162,3
Est	160,7	5,33	148,3	151,9	153,8	167,5	169,4	173

Una relación de medidas antropométricas más completa, y de gran ayuda en el diseño PP.TT (Diseño de Puestos de Trabajo), es la siguiente

(AP) Altura Poplítea

(SP) Distancia Sacro-Poplítea

(SR) Distancia Sacro-Rotula

(MA) Altura Muslo-Asiento

(MS) Altura Muslo Suelo

(CA) Altura Codo-Asiento

(AmiB) Alcance mínimo del brazo hacia delante con Agarre

(AmaB) Alcance mínimo del brazo hacia delante sin Agarre

(AOs) Altura ojos-suelo sentado

(ACs) Anchura de Caderas sentado

(CC) Ancho codo-codo

(CSp) Altura codo-suelo, de pie

(AOp) Altura ojos-suelo, de pie

(E) Estatura

7.6 PUNTOS DE ADVERTENCIA

- En la cocina debe ser claro el uso de lentes de protección ultravioleta para evitar enfermedades de este tipo, es importante que al momento de interactuar con el producto lleve puesto las gafas de protección.
- En el contenedor es importante un punto de advertencia con un símbolo de que esta caliente el componente.
- Debe indicar que la cocina siempre debe estar dirigida hacia donde está el sol, para una mayor eficiencia en el desempeño de la cocina.

7.7 SEÑALES DE ADVERTENCIA

A partir de lo analizado en los puntos de advertencia buscamos la manera de incluir estas señales que son de gran importancia para el usuario y evitar en un uso futuro algún tipo de accidente con el sistema de cocción.

Señales de Advertencia (uso de códigos)

- Uso preventivo de gafas con protección ultra violeta



- Señal de alta temperatura



- Señal de indeterminado



- Señal de radiaciones no ionizantes



- Señal personalizada de advertencia



8. CONCEPTUALIZACION DEL PRODUCTO

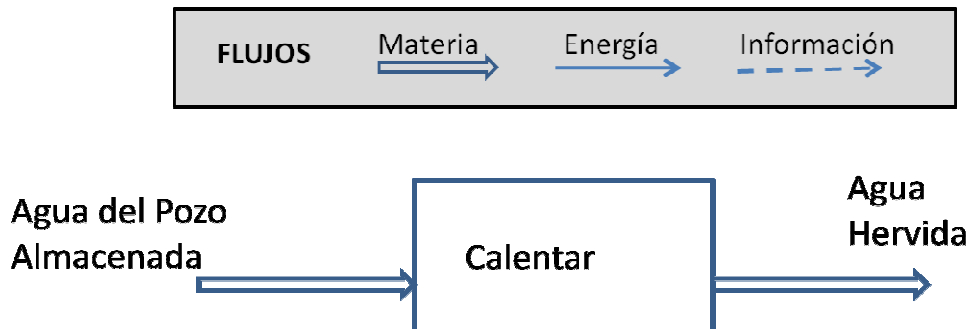
8.1 ANÁLISIS FUNCIONAL

La finalidad del Análisis Funcional es establecer las funciones requeridas y los límites de un nuevo diseño, para que cumpla su propósito. Como herramientas de Diseño Funcional se tomaron en cuenta la caja negra y la estructura funcional¹⁷.

8.1.1 Definición de la función principal

La herramienta a diseñar es un **aparato**, artefacto cuyo flujo principal es la **materia**¹⁸.

Figura 30. Flujo principal

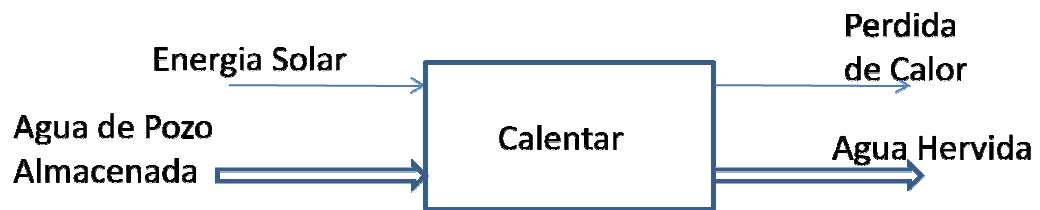


¹⁷ CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. México DF: Editorial Limusa Wiley, 1999, p. 75

¹⁸ RODRÍGUEZ, Alberto. Artefactos, Diseño Conceptual. Fondo Editorial Universidad EAFIT. p. 32

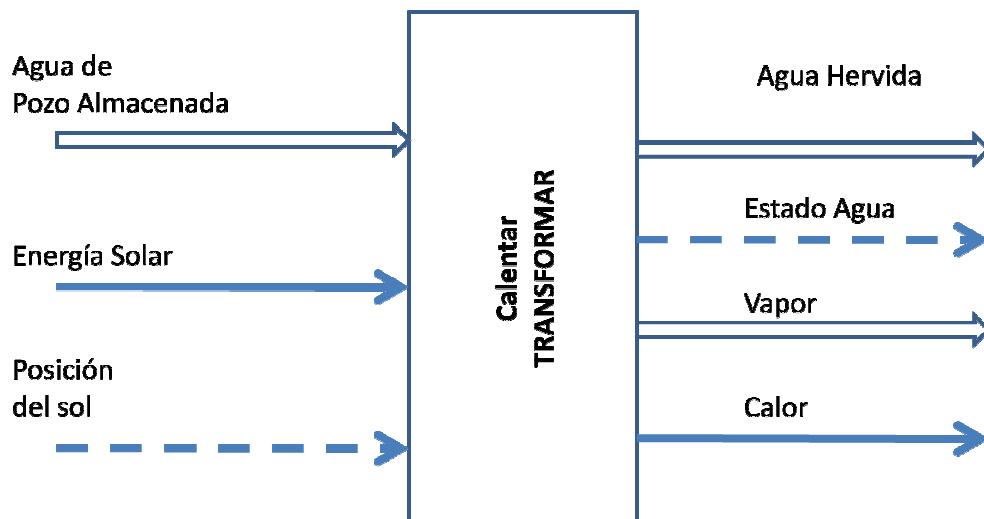
El flujo de materia es la entrada principal, que es el agua de pozo almacenada sumado a la energía solar. Y se transforma en pérdida de calor y agua hervida siendo estas las salidas principales.

Figura 31. Función principal



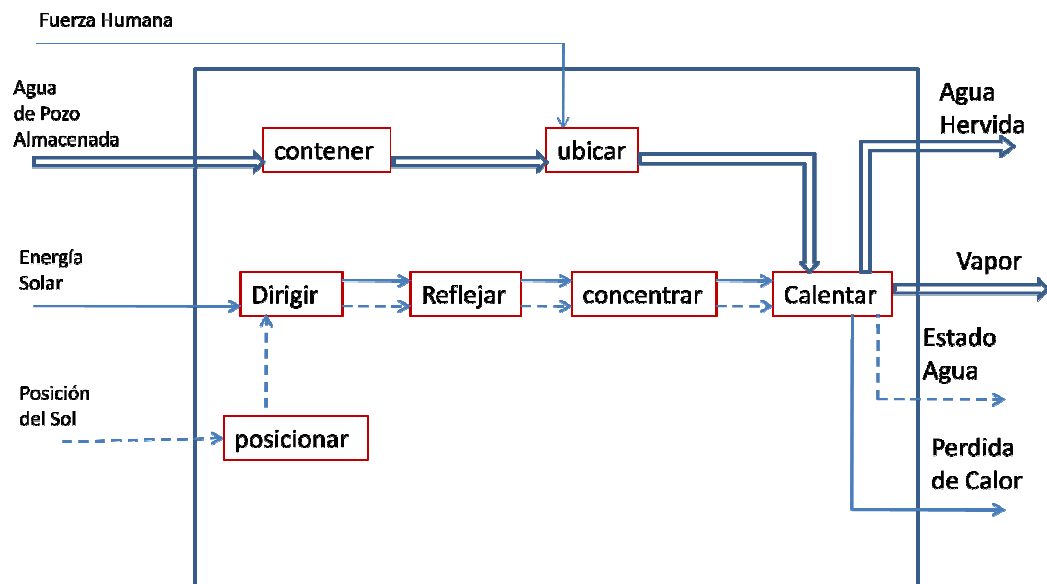
8.1.2 Caja negra

Figura 32. Caja negra



8.1.3 Estructura funcional

Figura 33. Estructura funcional



8.1.4 Lista de funciones

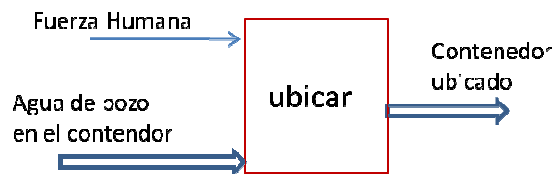
Contener: Este es el que contiene el agua de pozo como entrada de flujo de materia

Figura 34. Función contener



Ubicar: Posiciona el contenedor de la materia en el foco

Figura 35. Función ubicar



Posicionar: Posiciona la parábola perpendicular al sol como flujo informativo, para que este funcione de una forma óptima.

Figura 36. Función posicionar



Dirigir: Dirige La luz Solar hacia el contenedor de agua de pozo, también es de flujo informativo para que el sistema funcione de una forma óptima.

Figura 37. Función dirigir



Reflejar: La Luz Solar se ve reflejada en el contenedor haciendo que esta reciba la luz de una forma directa.

Figura 38. Función reflejar



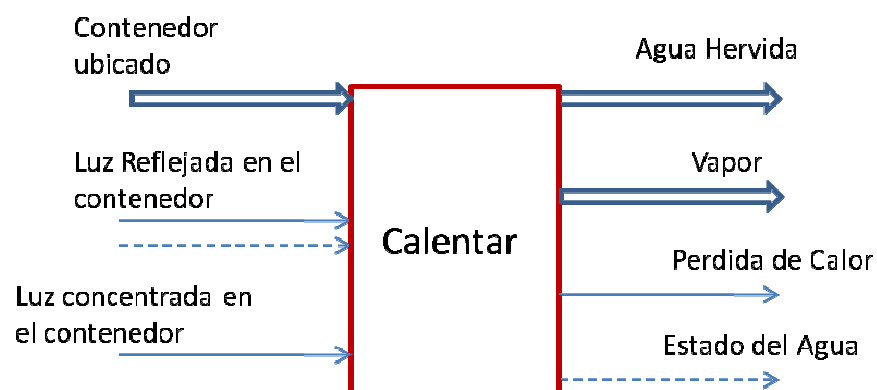
Concentrar: En el contenedor que tiene el agua de pozo se concentra toda la energía de la luz solar.

Figura 39. Función concentrar



Calentar: La Luz concentrada en el contenedor ubicada en el foco, hace que se caliente el agua de pozo.

Figura 40. Función calentar



8.1.5 Solución de funciones

En este paso del proceso de diseño, para cada subfunción de la estructura funcional propuesta, se da un listado de varios portadores de funciones posibles, con conceptos que utilizan otras herramientas por medio de dibujos esquemáticos

Figura 41. Matriz morfológica




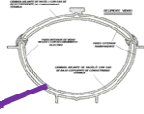






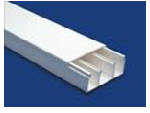














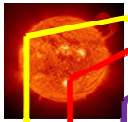




MATRIZ MORFOLOGIA					
PORTADOR/ FUNCION	1	2	3	4	5
Contener					
Ubicar					
Dirigir					
Reflejar					
Concentrar					
Calentar					

8.1.6 Rutas de solución

Se seleccionaron las rutas solución por el método del diagrama morfológico¹⁹.

¹⁹ CROSS, Op. Cit. p. 115

Figura 42. Rutas de Solución

Portador Función	1	2	3	4	5
Contener A					
Ubicar B					
Dirigir C					
Reflejar D					
Concentrar E					
Calentar F					

S1 S2 S3

8.1.7 Alternativas de diseño

Se plantearon 3 soluciones de acuerdo a las rutas escogidas a partir de la intuición, el conocimiento de materiales, piezas, procesos de manufactura y ensambles, también los parámetros del PDS (ver anexo D) y el contacto con el usuario, los posibles clientes y el asesor del proyecto.

Figura 43. Solución 1

A5 + B5 + C2 + D1 + E4 + F1

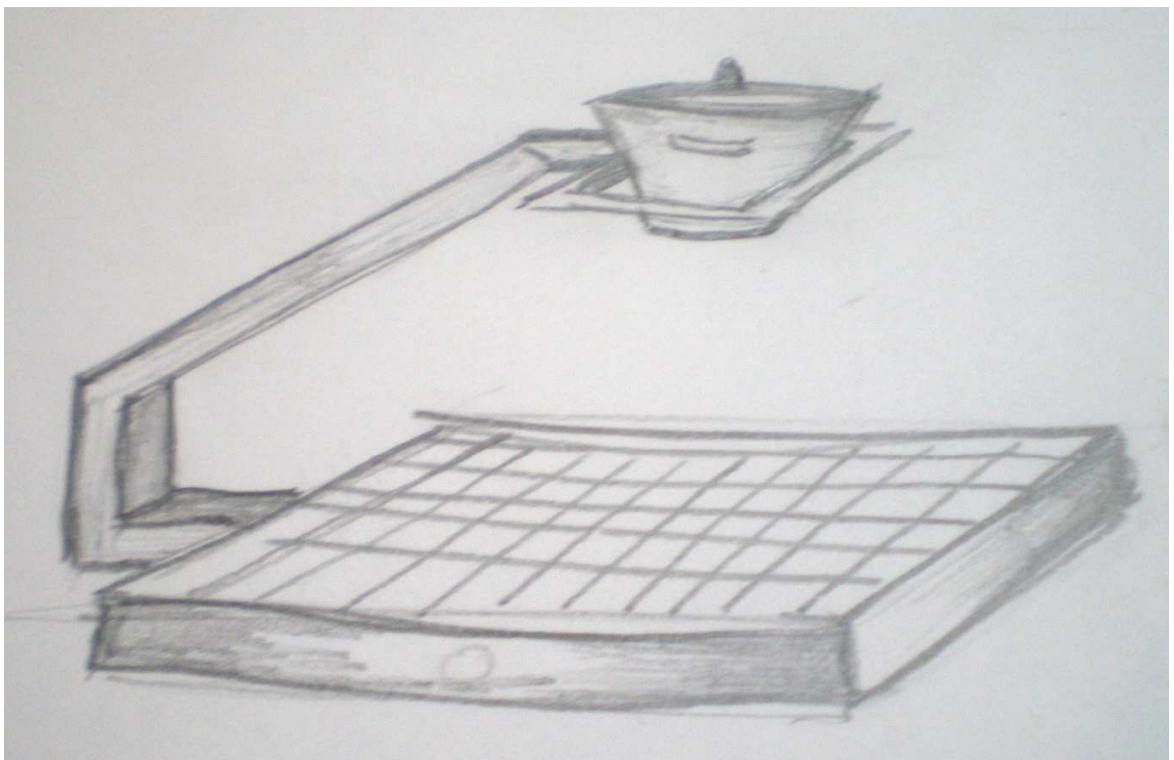


Figura 44. Solución 2

A5 + B4 + C3 + D2 + E3 + F1

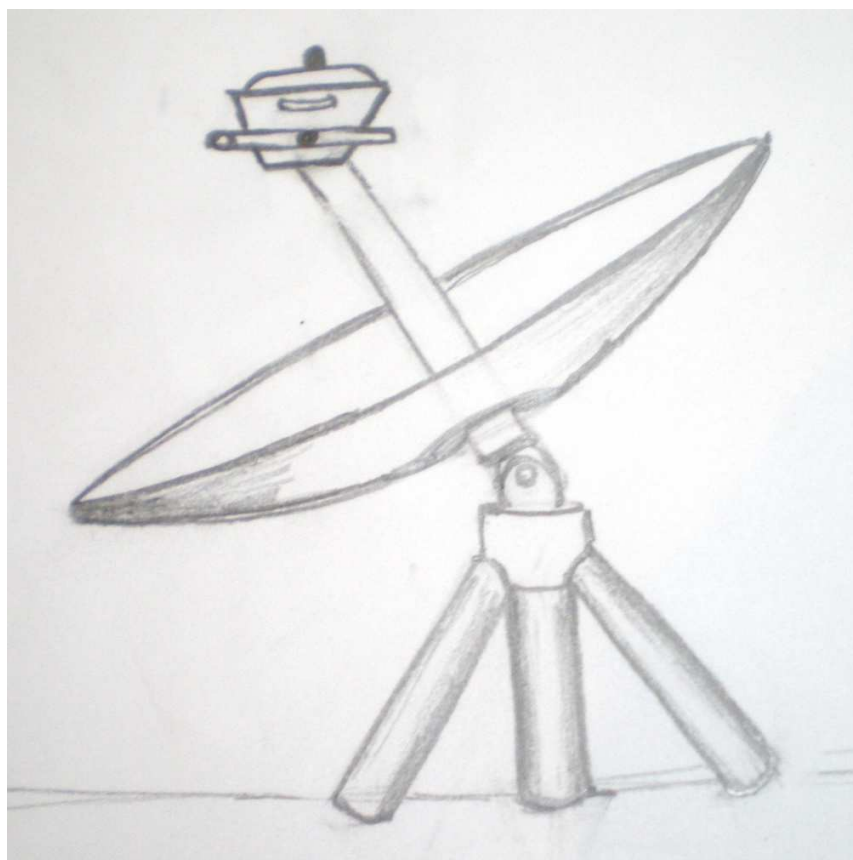
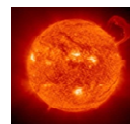
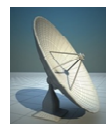
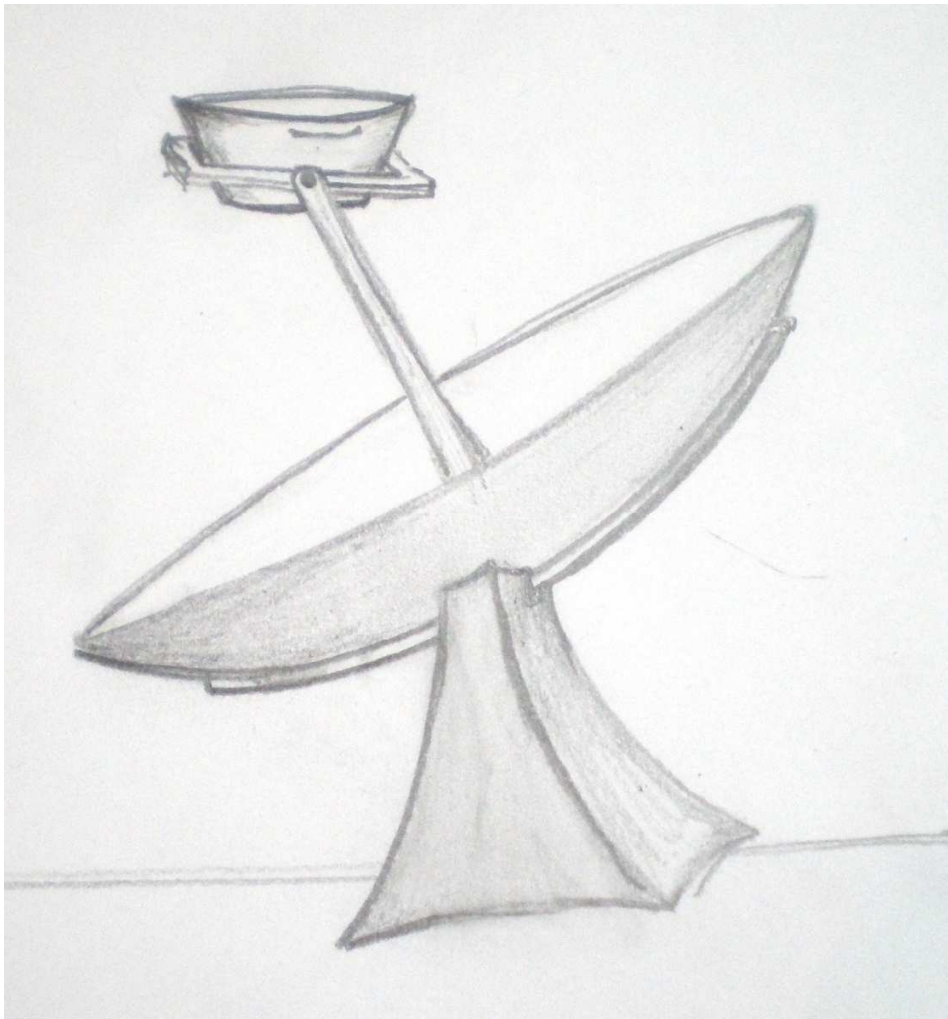
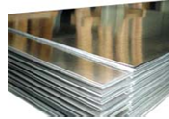
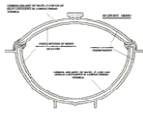


Figura 45. Solución 3

A4 + B2 + C4 + D4 + E3 + F1



9. EVALUACION ALTERNATIVAS

La evaluación de las alternativas se hizo a través del método de pesos ponderados²⁰, por medio de objetivos claros y criterios que los evalúan, para poder elegir lo más objetivamente posible una alternativa viable y que se pueda medir con respecto a esos objetivos.

9.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

La definición de los objetivos es lo que queremos ofrecer, hacia donde queremos “apuntar” al diseño para que cumpla los requerimientos. Estos son los objetivos:

- Producto liviano
- Facilidad transporte
- Facilidad de ensamblar y desensamblar
- Facilidad de producción
- Mínima cantidad de componentes
- Facilidad de uso
- Económico de producir
- Efectivo con el tiempo de cocción
- Media vida útil
- Comodidad en el uso de la operación

²⁰ CROSS, Nigle. “Metodos de Diseño”. Editorial Limusa Wiley, Mexico DF, 1999, Pag 62

9.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Son los parámetros con los que se van a medir los objetivos.

Peso para “Producto Liviano” se va a medir en Kg y su evaluación se hará determinando aproximadamente el volumen de las alternativas y sus materiales, comparándolas con productos que sirven para camping y de fácil transporte.

Transporte para “Facilidad de transporte” se va a medir cualitativamente según la bondad de la propuesta para ser transportada, teniendo en cuenta el tamaño, el peso y la forma de transporte.

Número de Acciones para ensamble para “Facilidad de ensamblar”, se va a medir en número y su evaluación se hará determinado cuantas acciones deberá efectuar el usuario dejar listo el sistema para calentar el agua

Simplicidad de Componentes para “Facilidad de Producción” Se va a medir cualitativamente según el grado de dificultad para fabricar o conseguir los componentes.

Número de Componentes para “Mínima cantidad de componentes” se va a medir en número y su evaluación se hará con la cantidad de componentes necesarios para el total ensamble del producto

Uso del Producto para “Facilidad de uso” se hará cualitativamente según la complejidad que este tenga para la operación e interacción

Costo para “Económico de producir” se medirá cualitativamente según qué tan elevado sea el costo de cada uno de los componentes de la propuesta.

Tiempo de Cocción para “Efectivo en el tiempo de cocción” se evaluará con el tiempo que tome hervir el agua con los diferentes materiales que posea la parábola.

Vida en Servicio para “Media vida útil”, se va a medir en meses y su evaluación se hará según los componentes a usar, la resistencia y durabilidad de los mismos y sus ensambles.

Fácil Acceso para “Comodidad en el uso de la operación” se mide cualitativamente el grado de dificultad que se tenga para el acceso al contenedor.

9.3 IMPORTANCIA DE CRITERIOS

Tabla 3. Importancia de criterios

No.	Criterio	Importancia
1	Peso	15%
2	Transporte	14%
3	Número de acciones para ensamble	8%
4	Simplicidad de componentes	13%
5	Número de componentes	8%
6	Uso del producto	9%
7	Costo	16%
8	Tiempo de cocción	7%
9	Vida en servicio	5%
10	Fácil acceso	5%
	TOTAL	100%

9.4 MATRIZ DE CALIFICACIÓN

Tabla 4. Matriz de calificación

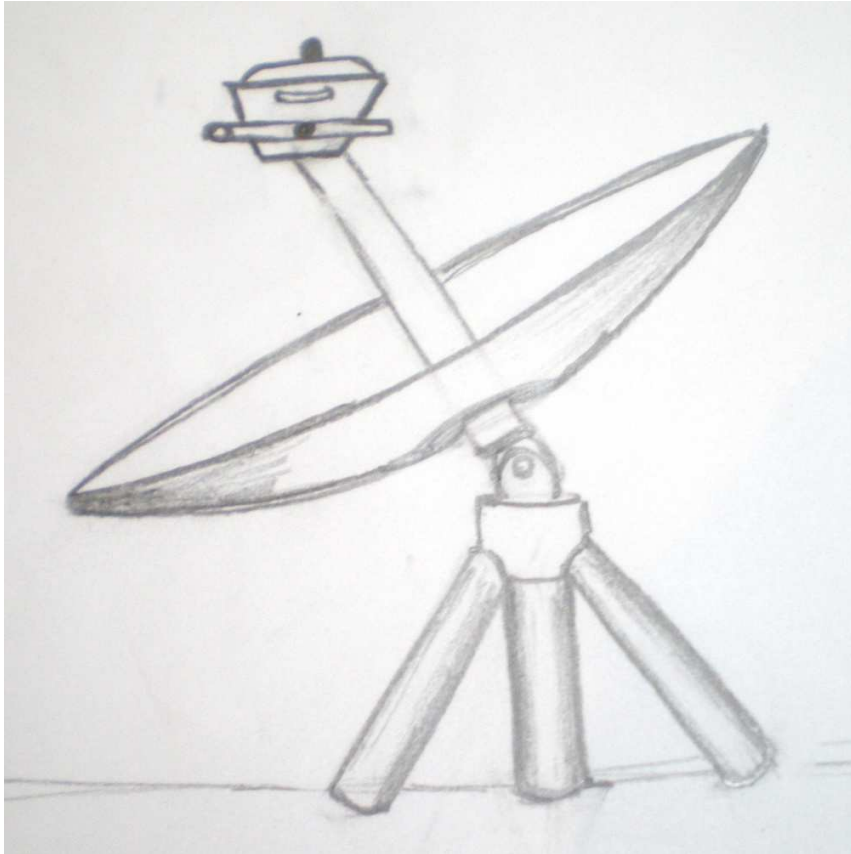
No.	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
		Magnitud	Magnitud	Magnitud
1	Peso	8-12	2-4	10-12
2	Facilidad para transportar	difícil	difícil	difícil
3	Numero de acciones para ensamble	10	5	3
4	Simplicidad de componentes	baja	alta	alta
5	Numero de componentes	3	7	4
6	Facilidad en uso del producto	baja	alta	media
7	Costo	alto	medio-alto	alto
8	Tiempo de coccion	>200	150-180	140-160
9	Vida en servicio	media	media	media
10	Facilidad de acceso al contenedor	alto	alto	alto

9.5 RESULTADOS EVALUACIÓN

Los resultados son los siguientes (ver detalles en Anexo E, evaluación de alternativas en el CD)

De las 3 alternativas la que mejor puntuación obtuvo fue la número 2 que obtuvo 5,92 en una escala de 10 puntos. Sin embargo en esta alternativa se observan problemas de facilidad para transportar y número de componentes, lo que también influye en el número de acciones para ensamble. Adicionalmente es necesario encontrar opciones más económicas para la fabricación, ya que si bien es la mejor alternativa en este sentido de las 3 evaluadas, no alcanza a estar en un nivel óptimo de costo.

Figura 46. Propuesta que mejor puntuación obtuvo



Luego de evaluar las alternativas se concluye que la calificación obtenida no satisface los requerimientos de los objetivos, por lo tanto se procedió a sacar una nueva propuesta a partir de las calificaciones más altas en cada concepto evaluado creando una cuarta alternativa en la que se ataquen los puntos más débiles de la propuesta con mejor puntuación.

La cuarta alternativa obtuvo una puntuación de 8,1 mejorando, el peso, la facilidad de transporte y el costo, que son los 3 criterios de mayor peso en la evaluación del producto. Para lograr esta mejora fue necesario sacrificar la calificación que se había obtenido en el número de componentes, ya que para dar facilidad en el transporte se propone una alternativa desarmable que requiere más pasos para su

ensamble, sin embargo son pasos simples que no afectan la facilidad en el uso del producto. El número de componentes del producto también se incrementó ya que es necesario agregar acoples para que sea desarmable.

Figura 47. Nueva propuesta



10. ALTERNATIVA DEFINIDA

Después de seleccionar la alternativa definitiva se procede a combinar la parte funcional con la parte conceptual definiendo un referente formal para el desarrollo del modelo funcional y definiendo también la imagen grafica que acompañara el producto

10.1 REFERENTE FORMAL Y LENGUAJE DEL PRODUCTO

Las puntas de los cohetes poseen una geometría muy similar y hace parte de una geometría que también tiene una función muy clara basada en principios de la parábola aunque está enfocado a otras funciones

Figura 48. Cohetes, parte frontal





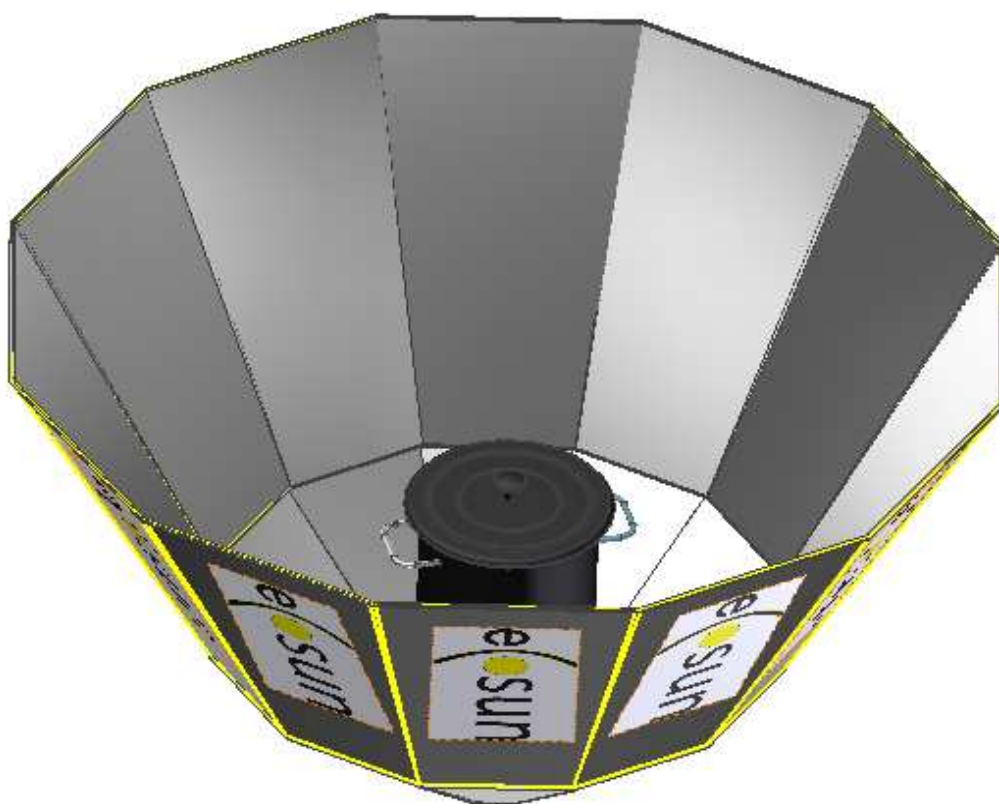
10.2 DISEÑO GRÁFICO

Figura 49. Diseño del logo



10.3 APLICACIÓN AL PRODUCTO

Figura 50. Imagen gráfica aplicada



11. DISEÑO DE DETALLE

11.1 CONSIDERACIONES

Después de tener definida la propuesta, se procede analizar las características que debe tener el producto analizando las debilidades y fortalezas que posee la propuesta actual.

Debilidades

- Se reduce la efectividad del foco al cambiar parábola por una sección semiparabólica
- El material del panel reflectivo, implica que debe tener sujetadores para que pueda ser estable, tanto al viento como a la estructura propia para conservar el foco siempre en el mismo punto
- La durabilidad baja considerablemente al trabajar con cartón, ya que al mojarse puede deteriorarse
- La eficiencia de transferencia de calor es más baja
- Se debe usar directamente con los rayos del sol

Fortalezas

- Muy bajo costo del sistema solar.
- Fácil de ensamblar.
- Productos asequibles en el mercado.
- Fácil transporte.
- Peso muy liviano.
- Fácil de usar

Además se analizo algunos aspectos de las especificaciones de diseño en aspectos como:

Peso:

El peso de este sistema solar no debe ser mayor a los 3 Kg, este va sujeto a las características del material y la eficiencia de su labor.

Esta es una característica muy importante para el transporte, ya que debe ser fácil de llevar a cualquier lugar y este no me debe requerir un esfuerzo mayor para transportarlo y más cuando se trata de zonas rurales.

Forma y Tamaño del panel reflectivo:

El papel de este componente en el sistema es fundamental, la forma debe ser parabólica y que exista un foco donde la reflexión de la luz sea dirigida, además el tamaño en área entre más grande más efectivo va a ser, pero se debe considerar un tamaño fácil de transportar y de guardar. El tamaño del área se debe definir a partir del volumen que se quiere desinfectar de agua.

Costo:

El costo de la cocina es otro factor relevante para que las personas de escasos recurso puedan tener fácil acceso y poder obtener un beneficio como es el agua purificada, este va relacionado a el tipo de materiales y procesos que sean necesarios para la realización. Como limite se plantea un máximo de \$70.000.

En el costo se verá reflejado la calidad del producto y en especial en la vida útil.

11.2 JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO

Este diseño fue el resultado de una investigación relacionada al consumidor, el entorno, los productos existentes, los factores humanos y los recursos limitados de energía en zonas rurales de la costa atlántica

Los componentes del sistema solar como son la olla, los apliques en PVC, y la pita se pueden conseguir de una forma comercial de cualquier ferretería.

El panel reflectivo conformado por cartón mas papel ionizado se puede conseguir en una papelería, de manera industrial sería necesario crear un proceso de laminación de papel ionizado sobre cartón de 5mm de espesor y el soporte deben ser desarrollado en taller de carpintería o metalmecánica ambas opciones son viables; específicamente aunque esta se puede suplir con otro tipo de soportes comerciales en el mercado actualmente.

Materiales y Costo

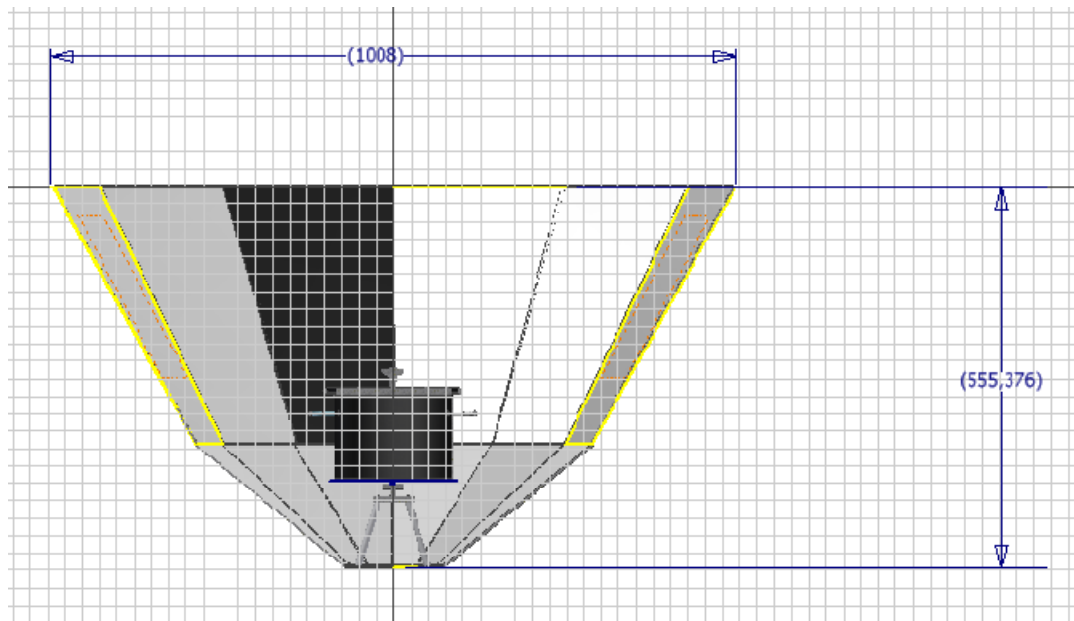
• 1 Lamina de cartón de 5mm de espesor	\$13.000
• 5 pliegos de Papel ionizado	\$2.000
• 1 Olla negra mate de capacidad 3lt en acero inoxidable	\$9.000
• 12 Apliques de ensamble en PVC	\$3.600
• Soporte de la olla	\$14.000
• 4 Cuerdas de 1mt	\$1.200

Costo Total de Fabricación: \$42.800 en forma de prototipo

Medidas:

Ver en el anexo F el detalle de planos de cada uno de los componentes y su ensamble.

Figura 51. Medidas absolutas (medidas en mm).



11.4 COMPONENTES

Figura 52. Partes del sistema solar



- 6 paneles reflectivos
- 12 acoples
- 1 olla negra mate
- 4 pitas de un metro de largo
- 1 soporte para el contenedor

11.4 DETALLES DE ENSAMBLE

En esta parte veremos cuáles son los pasos y detalles para ensamblar el producto a partir de unos pasos y características muy simples que se presentan a continuación:

El panel reflectivo está conformado de cartón y papel ionizado que posee 4 perforaciones de $\frac{1}{2}$ in para unir paneles entre si, en la parte inferior tiene 4 perforaciones de 6mm para amarrar los paneles y definir claramente el sistema parabólico.

Figura 53. Panel reflectivo



Acople en PVC

Estos tienen la función de unir los paneles y lograr que sea muy simple el ensamble, tiene una característica de rosca NPT ofreciendo protección a los paneles de cartón. Las medidas se pueden ver en el Anexo F. Detalle de Planos

Figura 54. Acople en PVC



Figura 55. Unión de paneles con los acoples

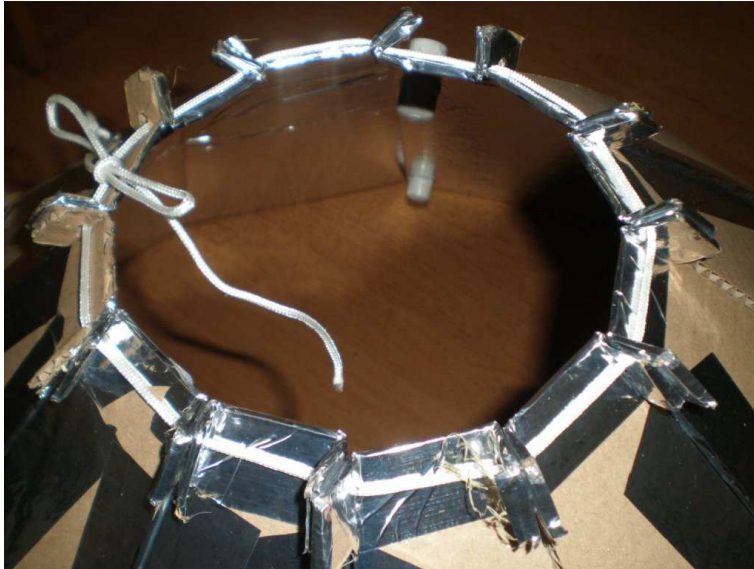


La pita es usada para hacer el amarre de la parte inferior de los paneles y lograr una estructura fuerte y adicionalmente para fijar los paneles respecto al piso y que el viento no lo mueva, conservando una posición adecuada frente al sol y al foco donde está situado el contenedor.

Figura 56. Pita



Figura 57. Amarre de paneles



La olla debe quedar a una altura aproximadamente entre 14 y 17cm de altura respecto a la base con el fin que este situado en el foco de la parábola absorbiendo la mayor cantidad de radiación solar, esta puede ser de forma en trípode o en base con acabado reflectivo.

Figura 58. Soporte Olla



12. MODELO FUNCIONAL

Figura 59. Modelo Funcional



13. EVALUACION DEL MODELO FUNCIONAL

13.1 CORPORIFICACIÓN

13.1.1 Restricciones del Producto

- Para concebir una parábola ideal es necesario usar tecnologías que poseen costos altos lo cual implicaría una inversión alta.
- Para obtener una reflexión óptima el material ideal es el espejo de vidrio lo cual implicaría hacer más pesado el producto para un fácil transporte.
- Para que tenga un desempeño óptimo la parábola debe estar en posición perpendicular frente a la luz del sol, es decir debe utilizarse en exteriores y la nubosidad afecta su funcionamiento notablemente.
- Es importante que la olla contenedora pueda tener un cierre eficiente y así evite pérdidas de calor para aprovechar al máximo la luz.

13.1.2 Pruebas Funcionales

Después de tener ya un modelo funcional se hicieron pruebas de comportamiento en el entorno y su eficiencia, se evaluó el desempeño, la estabilidad estructural, el tiempo de cocción.

En la prueba de desempeño se tomaron datos de temperatura cada 10 minutos y posteriormente cada hora (ver Tabla 5), obteniendo mejores resultados cuando la medición era en intervalos más largos de tiempo debido a la reducción en el escape del calor.

Figura 60. Prueba de campo



Figura 61. Prueba de campo 2

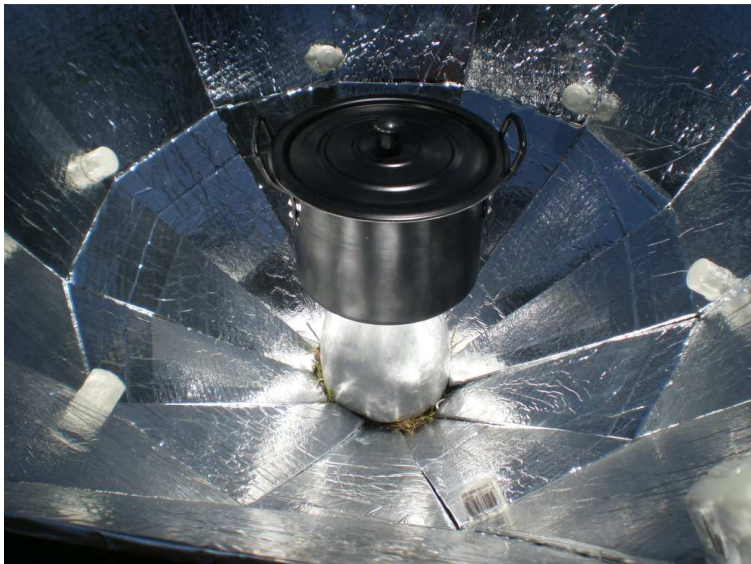
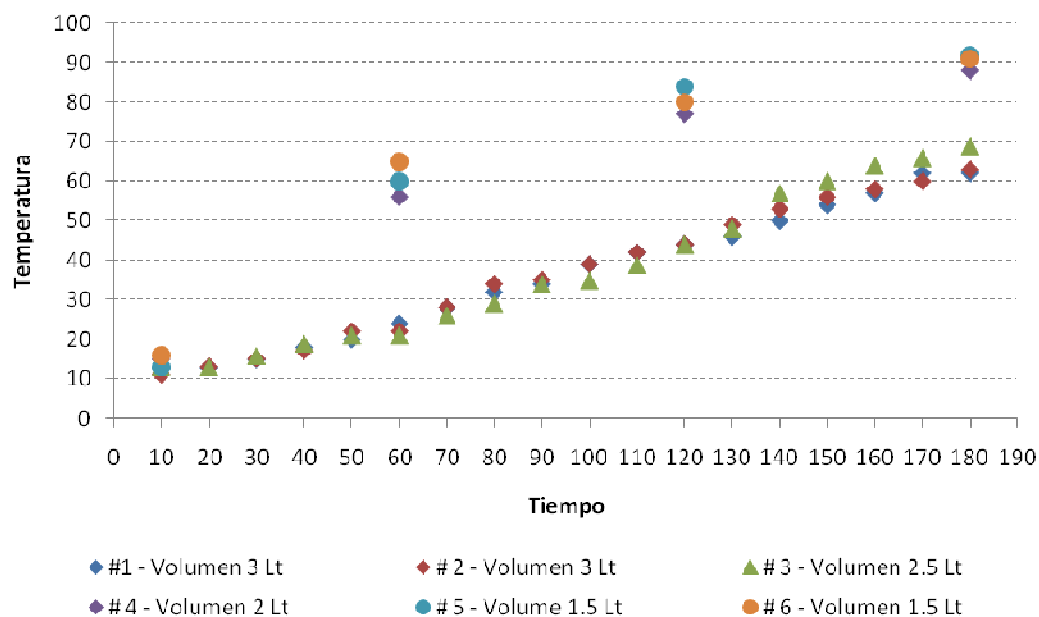


Tabla 5. Resultados de diferentes pruebas analizadas



Ver detalle en Anexo G cada el comportamiento del sistema solar para cada prueba durante 6 días.

13.1 LOGROS

- El tener objeto negro en el foco hace que sea más eficiente la recepción de energía transformándola en calor.
- Se identificó que cuando la tapa de la olla no se abre por tiempos prolongados se hace una transferencia de calor más eficientemente.
- El trabajar con un volumen de 1.5 litros hace que sea mucho más eficiente el sistema solar logrando llegar a temperaturas de cocción.

- Se logró desarrollar un modelo funcional con un 40% más económico al estimado en las especificaciones de diseño.
- Se pudo obtener agua hervida después de 180 minutos en un horario entre las 9 y 12 del día y en condiciones óptimas para recibir el sol directamente.
- La reflexión de luz con materiales económicos se comportó de una manera eficiente.
- Se logró obtener un producto plegable y fácil de transportar.
- Se logró desarrollar un producto con un peso inferior a 1Kg
- Se logró que el ensamble del sistema sea muy simple y fácil de realizar.

13.2 DESVENTAJAS

- Para cocinar 3 litros de agua es necesario tener un área más grande para obtención de mayor luz y proporcionalmente más calor.
- Al no estar expuesto al sol directamente el contenedor pierde temperatura rápidamente, lo cual requiere más tiempo el agua para llegar al punto de ebullición.
- Obtener el punto de ebullición del agua toma un período largo de aproximadamente 3 horas.
- Los materiales definidos hacen que la vida media sea muy corta.

14. MODIFICACIONES

Con los resultados obtenidos en la evaluación del modelo funcional las modificaciones que se tendrían en cuenta serían las siguientes:

- Para hacer la cocción de 3lt de agua será necesario hacer el área de reflexión mucho más grande, para que esta trabaje de una forma más eficiente para la cantidad de volumen requerido.
- Para que el producto tenga un ciclo de vida más largo, se pueden pensar en desarrollar un molde de inyección para los paneles reflectivos y pasando por un proceso de cromado o acabado tipo espejo, para la cara interna y obtener una reflexión más óptima.
- De acuerdo al tamaño de cada sistema que se desarrolle este debe poseer un recipiente contenedor proporcional a lo que pueda cocinar eficientemente, como la actual que es más eficiente con 1.5 litros.
- Para sujetar el panel reflector es más eficiente si tiene estacas para fijarlo a la superficie y no depender de ningún componente extra.

15. CONCLUSIONES

- Se diseñó y desarrolló un sistema solar para purificar el agua, aplicando una metodología de diseño, ofreciendo a las personas de escasos recursos el acceso a un recurso energético y de esta forma mejorando su calidad de vida.
- Se identificaron las necesidades puntuales de los usuarios por medio de una sesión de grupo y de encuestas estructuradas, obteniendo información valiosa para entender claramente su entorno.
- Se entendieron los diferentes sistemas solares existentes del mercado con sus características principales y los diferentes desempeños de acuerdo a su entorno.
- Se logró obtener diferentes alternativas a través de un análisis funcional identificando entre los mismos sus características. Tomando así una decisión desde un panorama más amplio de cuales tienen mejores beneficios.
- Se evaluaron las diferentes alternativas y se identificó la mejor opción funcional que se puede desarrollar en un producto al alcance de este segmento que es tan limitado económicamente.
- Se fabricó un modelo funcional a partir de componentes 100% accesibles en el mercado teniendo en cuenta las especificaciones de diseño y requerimientos técnicos logrando cocinar el agua en este sistema de energía solar, haciéndole las correcciones debidas para mejor desempeño en su entorno.

BIBLIOGRAFÍA

Textos de referencia

BARRAU, Pedro. "ERGONOMIA 3: Diseño de puestos de trabajo". Edicions UPC, S.L. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España. 2001

CROSS, Nigel, "Métodos de diseño". Editorial Limusa Wiley, Mexico DF, 1999.

CRUZ, J Alberto. "Ergonomía Aplicada". Editorial ECOEC. Colección textos universitarios. Bogotá, Colombia. 2006

RODRIGUEZ, Alberto. "Artefactos, Diseño Conceptual". Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2003.

Revistas y Publicaciones

ED EATON. La Cocina Solar. Artículo aparecido en la revista Solar Energy International en su número de Invierno 96/97 Traducido al castellano por Dorita Usó y aparecido en el n° 19 de GEA. <http://www.gea-es.org/energias/cocisolar_energias.html>. [Consulta: 10 Enero 2009]

MEISEL, Adolfo. La estatura de los colombianos: un ensayo de antropometría histórica, 2004

PEREIRA, Carlos. TESIS: Construcción y análisis del desempeño de una cocina solar a concentración, utilizando dos focos para la cocción directa. Universidad Federal de Rio Grande del norte. Brasil, 2007

TORRES VALENZUELA, Francisco. Cocina solar. Universidad Técnica Federico Santa María, GEA Generación de Energías Alternativas. <http://www.gea.usm.cl/archivos/proyecto_taller_cocina_solar.pdf> [consulta: 10 Enero 2009]

Páginas de Internet

- CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar). La Energía Solar
<http://www.censolar.es/menu2.htm>. [Consulta: 20 Diciembre 2009]
- COMPENDIUM OF SOLAR COOKER DESIGNS. Solar Cookers International, WIKI. [En línea]
http://solarcooking.wikia.com/wiki/Compendium_of_solar_cooker_designs
[Consulta: 22 Abril 2010]
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). La Radiación Solar en Colombia. <http://www.ideam.gov.co> [En línea]
- Solar Cooker Review. Solar Cookers International
<<http://solarcooking.org/newsletters/scrijul05.htm>>
[consulta: 15 Marzo 2010].
- The Solar Cooking Archive. Tom Sponheim, Sponsor: Solar Cookers International [en línea]. <<http://www.solarcooking.org/>>
[consulta: 20 Abril 2010]